TÜBİTAK

58 yaşında

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Mayıs 2025 Yıl 58 Sayı 690 - 29 TL

HIZIN ÖTESİNDE BİR DÜNYA

Formula 1 yarışlarında bilim, mühendislik ve teknolojinin sınırları zorlanıyor

Dokuzuncu Gezegen
Çizge Kuramı
Spor ve Sağlık
Sporda Teknolojinin Rolü
Cebirsel Analiz Çalışmalarına Abel Ödülü

ISSN 1300338001
9 771300 338001 06

Bilim ve Teknik Mayıs 2025 Yıl 58 Sayı 690
HIZIN ÖTESİNDE BİR DÜNYA FORMULA 1

"Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır."
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 58 Sayı 690
Mayıs 2025

İmtiyaz Sahibi
TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Orhan Aydın

Genel Yayın Yönetmeni ve Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Ömer Kökçam

Dergiler Müdürü
Kübra Bal Çetinkaya

Yayın Yönetmeni
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Editör
Dr. Tuba Sarıgül

Yayın Danışma Kurulu
Ömer Kökçam
Fatma Başar
Kübra Bal Çetinkaya
Dr. E. Sümeyra Turalı Emre
Prof. Dr. Ersin Göğüş
Dr. Berat Z. Haznedaroğlu
Dr. Yeşim İmamoğlu
Prof. Dr. Raif Kandemir

Araştırma ve Yazı Grubu
Dr. Özlem Ak
Mesut Erol
Dr. Mahir E. Ocak
Dr. Tuba Sarıgül
İlay Çelik Sezer
Hayriye Yetiş

Redaksiyon
Berranur Beşir
Mehmet Sığırcı

Grafik Tasarım
Ayşe Dilara Cumhur
Hüseyin Diker

Web-Mobil Uygulama-Sosyal Medya
Dr. Tuba Sarıgül
Rıza Berkay Ayçelebi
Ebru Yavuz

Mali Yönetmen
Adem Polat

Mali ve İdari Hizmetler
M. Furkan Aktaş

İletişim Bilgileri
TÜBİTAK Bilim ve Toplum Başkanlığı
Dergiler Müdürlüğü
Bilim ve Teknik Dergisi
Remzi Oğuz Arık Mah.
Tunus Cad. No:80
06540 Çankaya ANKARA
bteknik@tubitak.gov.tr
bilimteknik.tubitak.gov.tr

Abone İlişkileri
abone@tubitak.gov.tr
yayinlar.tubitak.gov.tr

Baskı
Başak Matbaacılık Tanıtım
Hizmetleri İth.İhr. A.Ş.
basakmatbaa.com

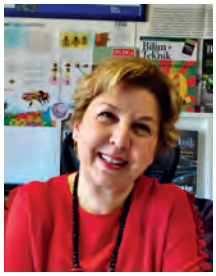
Baskı Tarihi 21.04.2025

Dağıtım Turkuvaz Dağıtım Pazarlama A.Ş.
tdp.com.tr

Bilim ve Teknik Dergisi, Milli Eğitim Bakanlığı [Tebliğler Dergisi, 30.11.1970, sayfa 407B, karar no: 10247] tarafından lise ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı [7 Şubat 1979, HRK: 4013-22-79 Eğt. Krs. Ş. sayı Nşr.83] tarafından Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

ISSN 977-1300-3380
Fiyatı 29 TL (KDV Dahil)

Her ayın 1'inde çıkar.



"Sporda başarılı olmak için milletçe sporun niteliğini ve değerini anlamış olmak, ona kalpten sevgiyle bağlanmak ve onu vatani görev saymak gerekir. Ben Türk gençliğinin spor yaparak güçlü olmasını isterim. Spor, yalnız bedensel yeteneklerin üstünlüğü sayılmaz. Kavrayış ve ahlâk da bu işe yardım eder. Ben sporcunun zeki, çevik ve aynı zamanda ahlâklısını severim."

Mustafa Kemal Atatürk

Herkesin 19 Mayıs Atatürk'ü Anma, Gençlik ve Spor Bayramı'nı en içten dileklerimizle kutluyoruz.

Bu ay sizleri yarışın ve hızın çok ötesine uzanan bir sporun dünyasına, sadece otomobillerin değil bilim ve teknolojinin de yarıştığı Formula 1 pistlerine götürüyoruz. Hazır mısınız? Arkanıza yaslanın ve kemerlerinizi bağlayın! Formula 1'in "hız senfonisi" gösterisine ve heyecanlı yolculuğuna başlıyoruz.

Teknoloji yazarımız Gürkan Caner Birer hem bu sayıda hem de önümüzdeki sayılarda, saatte 370 kilometreye ulaşan hızlarıyla bilim ve mühendisliğin sınırlarını zorlayan Formula 1 otomobillerinin kıyasıya bir rekabet için hangi mekanik ve aerodinamik özelliklere sahip olması gerektiğini ele alıyor.

Özlem Ak, omuz ve dirsek cerrahı Prof. Dr. Gazi Huri ile yaptığı söyleşi sonrası hazırladığı yazıda başarılı bir kariyer yolculuğuna uzanan hayat öyküsünün yanında sağlıklı bir yaşam için sporun ne kadar önemli olduğunu da anlatıyor. Bir diğer yazısında ise sporda rekabet sınırlarını zorlayan teknolojik gelişmelerden bahsediyor.

"Çizge Kuramı", "Dokuzuncu Gezegen", "2025 Abel Ödülü Cebirsel Analizin Kurucularından Masaki Kashiwara'nın" ve "Dijital Oyun Oynarken Anlık Kararlara Dikkat!" yazılarımız ile farklı ilgi alanlarına hitap eden *Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm, Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam, Merak Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç, Ayın Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası başlıklı köşelerimizi de beğenerek okuyacağınızı umuyoruz.

Bilim ve Teknik elektronik dergi arşivi (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin erişimine açıktır (services.tubitak.gov.tr/edergi). Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından faydalanmak, ayrıca hem yeni hem de eski sayılarımızı satın almak için yayinlar.tubitak.gov.tr adresini ziyaret edebilirsiniz. Dergimizin internet sayfasını (bilimteknik.tubitak.gov.tr), podcast kanallarını ve sosyal medya hesaplarını da takip edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizlerle paylaşabilirsiniz (bteknik@tubitak.gov.tr).

Nesiller büyüten dergimizin bu sayısını da ilgiyle okumanızı diliyor, sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz.

Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,
Özlem Kılıç Ekici

ISSN 1300338O
90
9 771300 338001

İçindekiler

4
***Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm**
Özlem Ak

6
Haberler

14
Sporun Ayrılmaz Parçası Teknoloji
Özlem Ak

22
Bilim Çizgi
Halil İnalcık
Sinancan Kara

38
2025 Abel Ödülü Cebirsel Analizin Kurucularından Masaki Kashiwara'nın
İlay Çelik Sezer

44
Tekno-Yaşam
Gürkan Caner Birer

57
Ayın Sorusu
Azer Kerimov

58
Merak Ettikleriniz
Mesut Erol

60
Omuz ve Dirsek Cerrahisinin İç Mimarı Prof. Dr. Gazi Huri ile Spor ve Sağlık Üzerine
Özlem Ak

24

Formula 1'in Bilim ve Mühendislik Dünyasındaki Hız Senfonisi

Gürkan Caner Birer

Formula 1 araçlarının mekanik ve aerodinamik açıdan hız sınırlarını zorlayan bazı özellikleri var. Aslında Formula 1 sadece otomobil yarışı değil, âdeta bilim ve mühendisliğin sınırlarının zorlandığı uygulamalı bir bilim yarışı.

76
Dijital Oyun Oynarken Anlık Kararlara Dikkat!
Hakan Cengiz

78
Bilim Tarihinden Notlar
Hipparkhos'un Geometri ve Gök Bilim Çalışmaları
Hüseyin Gazi Topdemir

82
Doğa - Fauna
Kutup Sumrusu
Arzu Gürsoy Ergen

84
Gökyüzü
Tuba Sarıgül

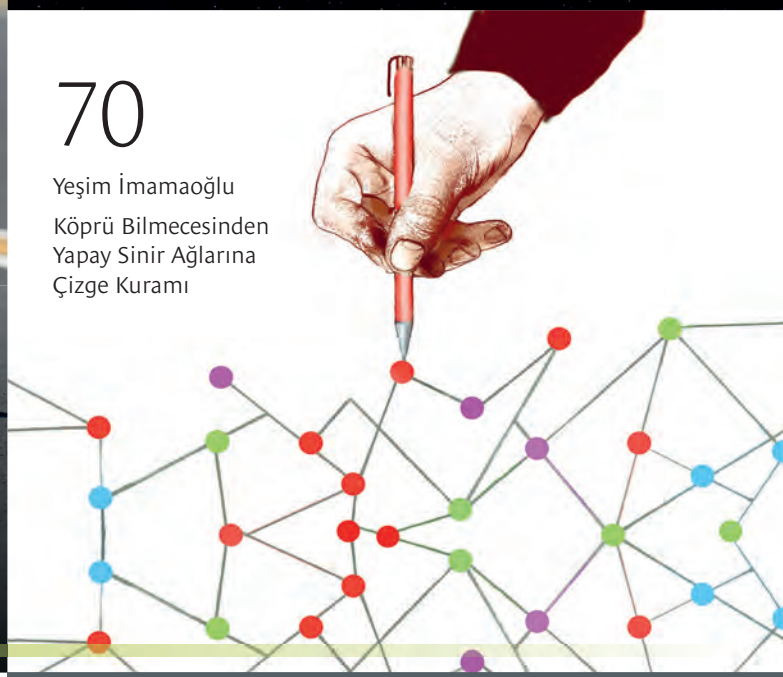
88
Düşünme Kulesi
Ferhat Çalapkulu

90
Satranç
Kıvanç Çefle

94
Zekâ Oyunları
Emrehan Halıcı

96
Yayın Dünyası
Özlem Kılıç Ekici

48
Alp Akoğlu
Dokuzuncu Gezegen



70
Yeşim İmamaoğlu
Köprü Bilmecesinden Yapay Sinir Ağlarına Çizge Kuramı

Bilim ve Teknik

tubitakbiltek

tubitakbilimteknik

TÜBİTAK Bilim ve Teknik

bilimteknik.tubitak.gov.tr/

Dergimizin içeriğinden seçerek hazırladığımız bilimsel ve teknolojik bilgileri *Bilim ve Teknik* dergisinin internet sitesi ve sosyal medya hesapları aracılığıyla takip edebilirsiniz.

Dergimize "Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!", "Düşünme Kulesi" ve "Ayın Sorusu" köşeleri ile ilgili içerik gönderen okurlarımız, "Kişisel Verileri Koruma Kanunu" kapsamında, paylaştıkları verilerin ve bilgilerin dergimiz tarafından yayınlanmasına açık rıza göstermiş sayılacaktır.

Elektronik dergi arşivimiz (son dört sayı hariç) herkesin erişimine açıktır. Son dört aya ait sayılara sadece abonelerimiz erişim sağlayabilir.

TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları sitesinden dergilerimize abone olabilir, hem yeni hem de eski sayılarımızı satın alabilirsiniz.

Bilim ve Teknik podcast kanalı ile kulağınız her daim bilimde olsun! Podcast içeriklerimizi Spotify, YouTube Music, Apple Podcast ve SoundCloud'dan dinleyebilirsiniz.

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm

Dr. Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını, geleceklerine yön verirken nasıl bir rol oynadığını bizimle paylaştıkları mektuplarını yayımlamaya devam ediyoruz. *Bilim ve Teknik* ile ilgili anılarını, duygu ve düşüncelerini bizimle paylaşan okurlarımıza çok teşekkür ediyor, "*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı" diyen okurlarımız için mektuplarını gönderebilecekleri adresimizi hatırlatıyoruz: bteknik@tubitak.gov.tr

"Uzun ve bilgi dolu bir yolculuk"

Merhaba,

Henüz 11 yaşındayım ve 6. sınıfa gidiyorum. *Bilim ve Teknik* ile tanışmam güzel bir tesadüf sonucu oldu. Kardeşimin öğretmeni kardeşime *Bilim Çocuk* bana da *Bilim ve Teknik* aboneliği hediye etti. İşte o an, benim için bilime doğru açılan ilk kapıydı. Her ay heyecanla beklediğim dergi bana bilimin sadece kitaplarda okunan bilgilerden ibaret olmadığını gösterdi. Dergideki renkli tasarımlar ve ilgi çekici içerikler beni âdeta büyüledi. Astronomiden biyolojiye fizikten mühendisliğe pek çok alanda birçok bilgiye sahip oluyorum. *Bilim ve Teknik* benim için sadece bir dergi değil, bir ilham kaynağı, uzun ve bilgi dolu bir yolculuk olmaya devam edecek.

Özellikle Ocak 2025 sayısındaki "Sanatın Her Türü Beyne İyi Geliyor" başlıklı yazının hem kendisi hem de yazının "Karalama Bile Olsa Çizim Yapmanın Sihri" bölümü bilime ve sanata olan ilgimi arttırdı. Yakınlarımdan önceki yılların sayılarını istemeye ve e-dergi arşivinden ilgimi çeken yazıları okumaya başladım. Okulda ısı yalıtımı konusunu öğreniyorduk. Fen bilimleri öğretmenim bana bir termos yapma ödevi verdi. Eve gelince eski dergileri karıştırmaya başladım ve öğrendiğim bilgiler sayesinde, yaşadığım aksiliklere rağmen çok güzel bir termos yaptım ve sınıfta 1. oldum. Bu vesileyle *Bilim ve Teknik* dergisine ve kardeşimin öğretmenine bana bilimin kapılarını açtıkları için çok teşekkür ederim.

Ümran Su Ünlüer

“İyi ki yollarımız kesişmiş”

Merhaba,

Bilim ve Teknik ile tanışmam ilkokul yıllarıma dayanır. Öğretmenimiz düzenli olarak bize popüler bilim dergileri ve kitapları getirirdi. Sınıftaki üç arkadaşımla birlikte bunları dönüşümlü olarak okurduk. Okuma ve araştırma hevesimin temelleri bu şekilde atıldı, bilime bu şekilde merak sardım. Bu yayınlar arasında bir gün *Bilim ve Teknik*'i de gördüm. Okuduğum kavramların çoğunu ilk kez duyuyor olsam da, yaşıma göre içeriği ağır gelse de merakla inceleyip öğrenmek istiyordum. Zamanla öğretmenimden rica ederek her ay dergiyi ben de incelemeye başladım. Öğretmenimin sınıfa getirdiği dergileri heyecanla ve merakla incelerdim. Şimdi ise minik oğlum için *Meraklı Minik* aboneliğiyle başladığımız yolculuğa *Bilim ve Teknik* dergisini de ekledik ve yollarımız bir kez daha kesişti. Yaş sınırı fark etmeksizin her ay hem *Meraklı Minik* hem de *Bilim ve Teknik*'i merakla okuyorum.

“*Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm” köşesini okurken kendi hikâyemi de anlatmak istedim, sayenizde yolumuzu kesiştiren öğretmenimi bir kez daha sevgiyle hatırladım ve fark ettim ki tüm okurların bir hikâyesi var. Ben hayatta hiçbir karşılaşmanın sebepsiz olmadığına inananlardanım. Psikolojik danışman olarak çalıştığım okulumda mutlaka *Bilim Çocuk* bulunduruyorum. Öğrencilerimin hem çok ilgisini çekiyor hem de bir bilim ışığı da ben onlara yakalatabilir miyim diye hevesleniyorum.

İyi ki yollarımız kesişmiş *Bilim ve Teknik.*

Şifa Şenkaya

“Uzaya duyduğum ilgi daha da arttı”

Merhaba,

Ben de 9. sınıf öğrencisiyim. *Bilim ve Teknik* dergisi ile ilk kez bu sene, lise eğitimime başladığımda tanıştım. Kimya öğretmenimizin önerisi ile sınıfımızdaki arkadaşlarla abone olduk. Her sayfasında yeni bir bilgi edindim. Bütün sayılarında daha çok şaşırıp daha fazla meraklandım. Benim en çok ilgi duyduğum konu uzay oldu. Bu dergi sayesinde uzaya duyduğum ilgi daha çok arttı. Bu konuda bana yeni ufuklar açtığınız için teşekkürler *Bilim ve Teknik*'in kahramanları! Bilimle kalın…

Feryal Ayşin Gümüşkaya

“Eski bir dost gibi”

Merhaba,

Bilim ve Teknik ile ilk tanışmam 90'lı yıllarda, babamın gençliğinden kalan saman kâğıda basılmış dergilerle oldu. İlk icatları ve günümüzü derinden etkileyen buluşları o dergilerde görmüştüm. Okumayı öğrendiğim zaman babam beni *Bilim Çocuk* dergisi ile tanıştırdı. Düzenli şekilde okudum ve merak ettiğim şeyleri öğrendim. Şimdi ise üniversitede okuyorum. *Bilim ve Teknik* dergisi hayatımın büyük bir kısmına şahit olan eski bir dost gibi. Babam dergi koleksiyonunu bana emanet etti. Ben de ileride kendi çocuklarıma miras bırakacağım.

İyi ki varsınız.

Aleyna Ayvaz

Haberler

Soyu Tükenmiş Ulukurt Gerçekten Hayata Döndürüldü mü?

İlay Çelik Sezer

Geçtiğimiz ayın başlarında Colossal adlı ABD merkezli bir biyoteknoloji şirketi, 10.000 yıl kadar önce soyunun tükendiği tahmin edilen ulukurt *(Aenocyon dirus)* adlı hayvanı antik DNA kalıntılarını kullanarak klonlama teknolojisiyle yeniden canlandırdığını açıkladı. Bu açıklama bilim dünyasında büyük tartışmalara yol açtı. Tartışmaların nedeni ise klonlama yoluyla üretilen canlıların ulukurt olarak lanse edilmelerine karşın aslında günümüzde yaşayan kurtlara (*Canis lupus*) ait genomlar üzerinde yapılan sınırlı sayıdaki genetik değişiklikle üretilmiş olmaları. Yani bazı bilim insanlarının deyimiyle bu canlılar aslında genetiği değiştirilmiş kurtlardan başka bir şey değil. Hayli popüler bir fantastik TV dizisinin senaryosunda da yer alan ulukurtlar, Amerika kıtasında yaşayan, fosillerden anlaşıldığı kadarıyla kurtlardan daha iri cüsseli ve daha iri kafalı canlılardı. Colossal araştırmacılarına göre genetik bulgular, kürklerinin açık renkli olduğunu düşündürüyor.

Colossal araştırmacıları antik ulukurt DNA'sından elde ettikleri genetik bilgileri de kullanarak bir kurt genomunda, üretilecek canlıların özellikle ulukurda özgü iri cüsse, iri kafa ve açık renk tüy gibi özelliklere sahip olmasını sağlayacak toplam 20 genetik değişiklik yaptı. Sonra da değişikliğe uğrattığı bu genomu bir köpekten alınan ve çekirdeği çıkarılan bir yumurta hücresine aktararak klonlama işlemini gerçekleştirdi. Üretilen toplam üç "ulukurt" yavrusu özel bir merkezde, özel bakım ve gözetim altında yaşıyor.

Colossal; mamutlar, dodolar ve Tazmanya canavarları gibi soyu tükenmiş büyük hayvanları yeniden canlandırmak amacıyla kurulmuş bir şirket. Şirketin ulukurt kadar ses getirmeyen yakın zamanlı bir çalışmasında da ABD'de soyu tehlike altında olan dört kızıl kurt (*Canis rufus*) klonlanmıştı. Colossal'ın kullandığı klonlama teknolojisinin, soyu tehlike altındaki canlıları korumak ya da genetik çeşitliliği geleceğe aktarmayı amaçlayan biyobankalar oluşturmak için faydalı olabileceğini düşünen bilim insanları var. Şirketin "ulukurt" çalışması ise bir ulukurt, tüm DNA dizilimi kullanılarak klonlanmış gibi kamuoyuna lanse edildiği için yoğun olarak eleştiriliyor. Öte yandan bazı bilim insanları soyu çok önce tükenmiş canlıların klonlamayla yeniden canlandırılmasının ekolojik olarak anlamsız olduğunu, bu tür klonlama çalışmalarında harcanan kaynağın, emeğin ve geliştirilen teknolojilerin mevcut biyoçeşitliliği koruma çalışmalarını destekleyecek biçimde yönlendirilmesi gerektiğini düşünüyor. ■

https://www.science.org/content/article/dire-wolf-back-dead-not-exactly

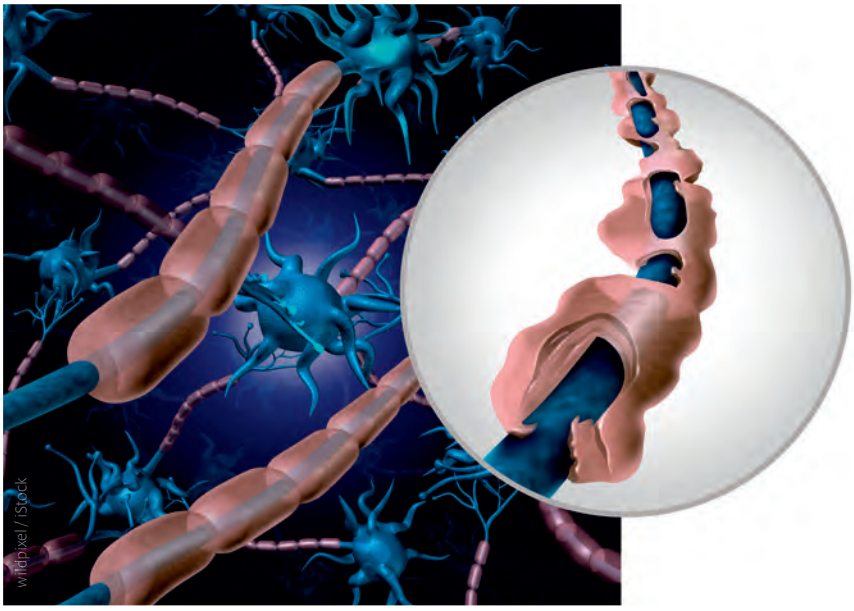
Maraton Koşarken Beyinde Neler Oluyor?

Özlem Ak

Yeni bir çalışma, yaklaşık 42 km'lik bir maraton yarışı sırasında kişilerin beyninde bazı "olumsuz" etkilerin oluşabileceğini ancak bu durumun yaklaşık iki ay içinde normale dönebileceğini ortaya koyuyor.

İnsan beyni, nöronları koruyan yağlı bir madde olan miyelin içerir. Miyelin, beyindeki elektrik sinyallerinin nöronlar arasında güvenli ve etkin bir şekilde iletilmesine yardımcı olur. *Nature Metabolism*'de yayımlanan yeni bir çalışmaya göre miyelin aynı zamanda vücudun enerji ihtiyacının çok yüksek olduğu aşırı metabolik koşullarda bir enerji kaynağı olabilir. Maraton koşusu gibi uzun süreli egzersizlerde enerji ihtiyacı ilk olarak, kaslarda depolanan glikojen gibi karbonhidratlardan karşılanır. Ancak karbonhidratların tamamı tükendiğinde vücut, yapılan aktiviteye göre beyindeki miyelin de dâhil olmak üzere yağ depolarını kullanmaya başlar.

Bask Ülkesi Üniversitesindeki (UPV/EHU) CIC biomaGUNE ve IIS Biobizkaia Araştırma Merkezlerinden araştırmacıların yer aldığı bir ekip, ~42 km'lik mesafede gerçekleşen maratonda koşan kişilerin yarışı tamamladıktan sonra belirli beyin bölgelerindeki koşucuların miyelin seviyelerinde azalma olduğunu tespit etti. Ancak miyelin seviyeleri iki ay sonra normale döndü. Araştırma ekibi, koşucuların beyinlerini yarıştan 48 saat önce, yarıştan iki hafta sonra ve son olarak yarıştan iki ay sonra manyetik rezonans görüntüleme (MRI) yöntemiyle taradı. UPV/EHU'da anatomi ve insan embriyolojisi profesörü ve IIS Biobizkaia'da araştırmacı olan Carlos Matute, görüntüler aracılığıyla miyelinin yapısındaki lipid tabakaları arasında hapsolmuş suyu analiz ederek koşucuların beyindeki miyelin seviyesini belirlediklerini ve beyinde motor koordinasyon, duyusal ve duygusal bağlantıyla ilgili 12 beyaz madde alanındaki (miyelinle kaplı aksonlardan oluşan beyin dokusu) miyelin içeriğinde bir azalma tespit ettiklerini söylüyor. Uzmanlar, yarıştan 2 hafta sonra miyelin konsantrasyonlarının önemli ölçüde arttığını ancak henüz yarış öncesi seviyelere ulaşmadığını, iki ay sonra yapılan taramada miyelinin yarış öncesi seviyelerde olduğunu belirtiyor. Vücudun miyelini tüketmesi endişe verici görünse de bu çalışmadaki dikkat çekici bulgu, miyelinin belli bir sürede tekrar normal seviyesine ulaşması.



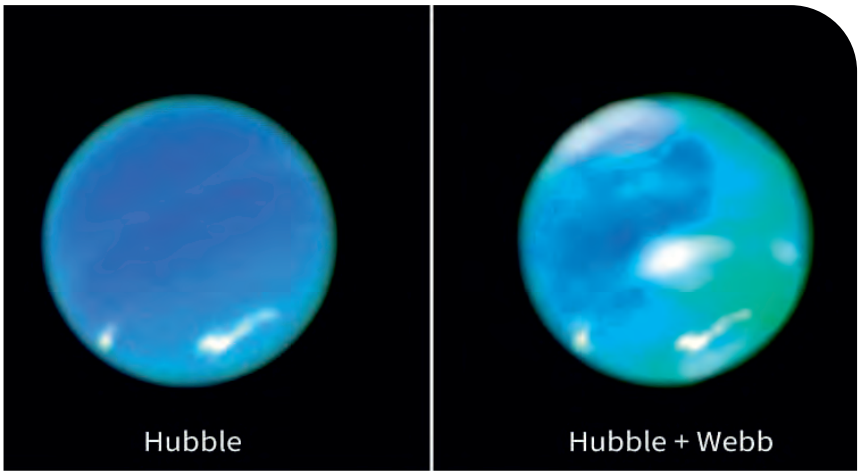
Araştırmacılar, bu çalışmadan yola çıkarak beynin kendini nasıl bu kadar hızlı onarabildiğini anlamayı ve belki de bunu multipl skleroz (MS) gibi miyelin kılıflarının hasar görmesiyle oluşan bazı hastalıkların tedavisinde kullanmayı umuyor. ■

https://www.nature.com/articles/s42255-025-01244-7#Abs1

Neptün'de Aurora Gözlemlendi

Mahir E. Ocak

James Webb Uzay Teleskobu ve Hubble Uzay Teleskobu kullanılarak yapılan çalışmalar sonucunda Neptün'deki auroralar ilk kez gözlemlendi.



NASA, ESA, CSA, STScI, Heidi Hammel (AURA), Henrik Melin (Northumbria University), Leigh Fletcher (University of Leicester), Stefanie Milam (NASA-GSFC)

Neptün'deki auroranın görüntüsü. Sağdaki görsel Hubble ve James Webb verilerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş. Mavi gezegenin üzerindeki siyan renkli kısım auroranın meydana geldiği bölge.

Kutup ışıkları olarak da bilinen yeryüzündeki auroralar Güneş'ten yayılan yüksek enerjili parçacıkların atmosferdeki gazlara çarparak enerji aktarması ve bu enerjinin daha sonra ışık hâlinde yayılması sonucu ortaya çıkar. Bu olayların sadece Dünya'nın coğrafi kutupları civarında gözlemlenmesinin nedeni ise Dünya'nın manyetik kutuplarının coğrafi kutupları civarında yer almasıdır: Elektrik yüklü parçacıklar sadece manyetik alan çizgilerine hemen hemen paralel yol aldıkları kutup bölgelerinde atmosfere ulaşmayı başarabilir.

Auroralar Dünya'ya özgü bir olay değildir. Geçmişte Jüpiter'de, Satürn'de ve Uranüs'te de auroralar gözlemlenmişti. Her ne kadar 1989 yılında Neptün'ün yakınından geçen NASA'ya ait Voyager uzay aracı Neptün'de de auroraların meydana geldiğine dair çeşitli ipuçları elde etmişse de yakın zamanlara kadar Neptün'de bir aurora gözlemlenememişti. James Webb Uzay Teleskobu'nun duyarlı kızılötesi kameraları sayesinde ilk kez Neptün'de auroraların varlığına dair doğrudan bir kanıt elde edildi.

Hubble Uzay Teleskobu ve James Webb Uzay Teleskobu'nun topladığı verilerin bir araya getirilmesiyle elde edilen görüntüde aurora, mavi gezegenin üzerinde siyan (cyan-camgöbeği rengi) renkli bir bulut gibi görünüyor. Auroranın gezegenin ekvatoru civarında ortaya çıkmasının nedeni ise Dünya'nın aksine Neptün'ün manyetik kutuplarının coğrafi kutuplarının civarında yer almaması. Neptün'ün manyetik alan ekseni ile kendi etrafında dönme ekseni arasında 47 derecelik bir açı var. ■

https://www.newscientist.com/article/2474034-weve-spotted-auroras-on-neptune-for-the-first-time/

Yıldırım Çarpmasından Fayda Sağlayan Ağaç Türü

Mahir E. Ocak

Bilimsel çalışmalar, tropik bir ağaç türünün yıldırım çarpmalarını çok az hasarla atlattığını ve hatta yıldırım çarpmalarından fayda sağlayarak ömrünü uzattığını gösteriyor.

Yıldırım düşmesi genel olarak bir ağacın önemli hasar almasına hatta ölmesine yol açar. Ancak bilimsel araştırmalar, Orta ve Güney Amerika'ya özgü *Dipteryx oleifera* türü ağaçların yıldırım çarpmalarından fayda sağladığını gösteriyor. Yüksekliği 50 metreye kadar ulaşan bu dev ağaçların görünümü de paratonerleri andırıyor.

New York'taki Cary Ekosistem Çalışmaları Enstitüsünden Evan Gora ve arkadaşları, Panama'daki yağmur ormanlarında bulunan 93 ağacı, üzerlerine yıldırım düşmesini takip eden birkaç

yıl boyunca gözlemledi. Bu ağaçların 9 tanesi Hint bademi olarak da bilinen *Dipteryx oleifera* türüydü. Sonuçta Hint bademi dışındaki türlerin %64'ünün iki sene içinde öldüğü tespit edildi. Hint bademi ağaçlarının ise yıldırım çarpmasından fayda sağladığı anlaşıldı: Su ve besinlere ulaşmak için Hint bademi ağaçlarıyla yarışan civardaki diğer ağaçların Hint bademi ağacına çarptıktan sonra etrafa yayılan yıldırım nedeniyle öldüğü tespit edildi. Böylece yıldırım çarpan ağaçlar daha fazla su ve besine ulaşma olanağı yakaladı. Ayrıca yıldırım çarpmasının Hint bademi ağaçlarının üzerinde yaşayan asalak sarmaşıkların da büyük oranda yok olmasına yol açtığı görüldü. Güneş ışığına ulaşmak için ağaçlara tırmanan bu asalak sarmaşıkların azalmasıyla Hint bademi ağaçları daha fazla Güneş ışığı almaya başladı. Araştırmacıların bölgedeki yıldırım düşme sıklığı ve ağaçların sağ kalma oranları ile ilgili verileri kullanarak yaptığı hesaplar, bir Hint bademi ağacını 300 yıllık ömründe yaklaşık 5 kez yıldırım çarptığını gösteriyor. Ağaçların büyümesi ve çoğalması ile ilgili simülasyonlara göre bu yıldırım çarpmaları olmadan Hint bademi ağaçlarının bu kadar uzun yaşaması mümkün değil. ■

Tomma, Gennaro, *Scientific American*, https://www.scientificamerican.com/article/why-these-tropical-trees-love-a-lightning-strike/,

Gora, E. M., ve ark., *New Phytologist*, https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.70062

Dipteryx oleifera türü bir ağacın 2019'daki yıldırım çarpmasının ardından (üstte) ve iki yıl sonra (altta) çekilmiş fotoğrafları. Fotoğraflarda tropik ağacın (ortada) yıldırım çarpmasını önemli bir hasar almadan atlattığı görülüyor. Ayrıca iki görüntü karşılaştırıldığında yıldırım çarpmasından sonra ağacın etrafındaki diğer ağaçların ve ağacın üzerinde yaşayan asalak sarmaşıkların büyük oranda yok olduğu, böylece yıldırım çarpan ağacın daha fazla besin, su ve ışığa erişebildiği görülüyor.

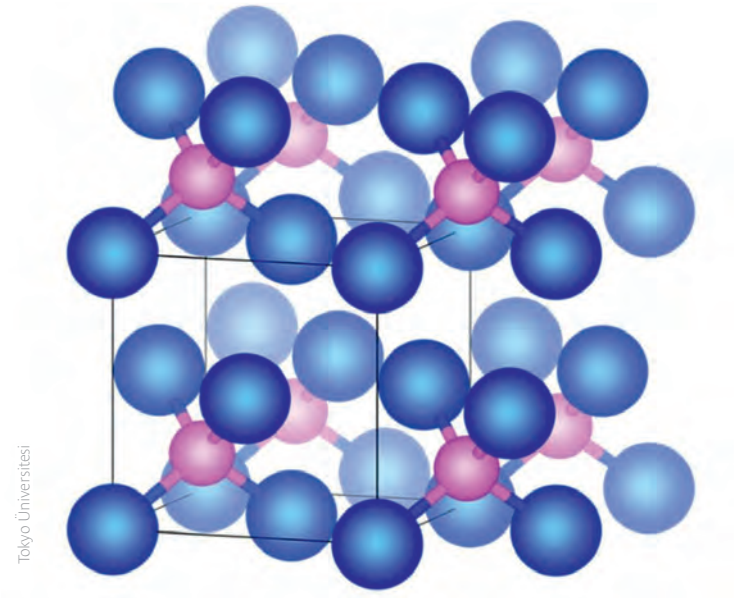
Dünya'nın Çekirdeğinde Bol Miktarda Helyum-3 Olabilir

Mahir E. Ocak

Deneysel ve kuramsal çalışmalar, çekirdekte Dünya'nın oluşumunun ilk aşamalarından kalma, yüksek miktarda helyum-3 izotopları olabileceğini gösteriyor.

Helyum asal gazların bir örneğidir. Kimyasal tepkimelere girmeye karşı aşırı isteksiz olan bu elementler yeryüzündeki sıradan koşullar altında bileşik oluşturmaz. Ancak aşırı yüksek basınç ve sıcaklık koşulları altında asal gazlar da kimyasal bileşiklerin yapısına katılabiliyor. Geçmişte ksenon ve kripton gibi molekül kütlesi büyük asal gazların aşırı koşullar altında oluşturduğu bileşikler ile ilgili pek çok bilimsel çalışma yapılmıştı. Söz konusu en hafif asal gaz olan helyumun bileşikleri olduğunda ise bilgilerimiz çok daha sınırlı.

Volkanik kayaçlar üzerinde yapılan çalışmalar, mantodan yeryüzüne çıkan sıcak magmanın oluşturduğu bu kayaçlardaki helyum-3/helyum-4 izotopları oranının çok yüksek olduğunu gösteriyor. Helyum-4'ün aksine helyum-3 yerkürede meydana gelen radyoaktif süreçlerle oluşmuyor. Dolayısıyla bu durum, Dünya'nın oluşumunun ilk aşamalarından kalma helyum-3 izotoplarının bugün hâlâ



Tokyo Üniversitesi

yerkürede hapsolmuş olduğunu düşündürtüyor.

Volkanik kayaçlarda tespit edilen helyum-3 izotoplarının kaynağı Dünya'nın çekirdeğinden mantoya sızan helyum-3 bileşikleri olabilir. Ancak yakın zamanlara kadar bu ihtimalin doğruluğu hakkında fikir verecek bir bilimsel çalışma bulunmuyordu.

Tokyo Üniversitesinden Haruki Takezawa ve arkadaşları, elmas örs hücresi (laboratuvarlarda yüksek basınçtaki deneyleri gerçekleştirmekte kullanılan cihaz) içinde yüksek basınç altında tutulan demir ve helyum-3 atomlarını lazerlerle ısıtarak kimyasal tepkimeleri tetikledi. Dünya'nın çekirdeğindeki basınç 350 GPa (atmosfer basıncının yaklaşık 3,5 milyon katı) civarındadır. Deneyler sırasında ulaşılan en yüksek basınç değeri ise 54 GPa civarındaydı. Her ne kadar bu basınç Dünya'nın çekirdeğindekine kıyasla çok daha düşük olsa da deneyler demir ve helyum-3 atomları arasında bileşikler oluştuğunu ve bu bileşiklerin malzemenin üzerindeki yüksek basınç kaldırıldıktan sonra da yapısını koruduğunu gösterdi.

Araştırmacılar ortaya çıkan bileşiklerin moleküler yapısını X-ışını kırınım deneyleriyle tespit etti. Ayrıca kuramsal hesaplar yaparak tespit edilen yapıların kararlı olduğunu doğruladı.

Elde edilen sonuçlar, Dünya'nın oluşumunun ilk aşamalarında benzer kimyasal tepkimelerin Dünya'nın çekirdeğinde de meydana gelmiş olabileceğini gösteriyor. Bu durum volkanik kayaçlarda tespit edilen yüksek miktarda helyum-3 izotopunun kaynağının çekirdekten mantoya sızan helyum bileşikleri olabileceği hipotezini destekliyor. ■

Takezeva, H., ve ark., "Formation of Iron-Helium Compounds under High Pressure", *Physical Review Letters*, https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.134.084101, Cilt 134, s. 84101, 2025.

Dünyanın En Küçük Kalp Pili

Özlem Ak

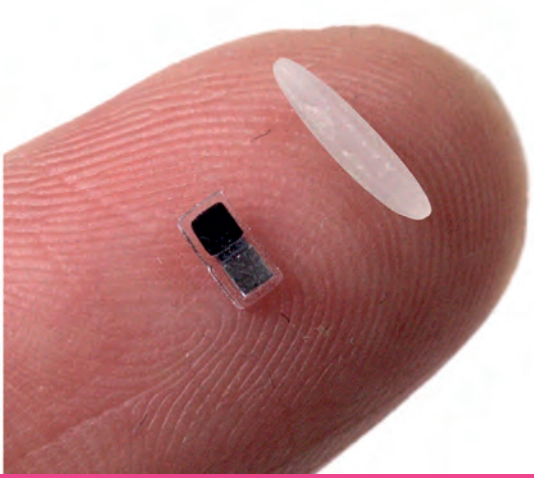
Geçici kalp pilleri, kalp atış hızının normalden daha yavaş olması sorunu yaşayan hastalar için hayat kurtaran temel teknolojilerdir. Çoğu yetişkin ve çocuk hastaya kalp ameliyatından sonra geçici kalp pili takılır. Bu işlem, kalp kaslarına elektrotları yerleştirmek için ameliyat gerektirir ve kablolar hastanın göğsündeki elektrikli bir cihaza bağlanır. Kalp piline artık ihtiyaç duyulmadığında ise doktorlar kabloları çıkarırken bazı istenmeyen durumlar söz konusu olabilir. Örneğin Ay'a ilk adım atan astronot Neil Armstrong, 2012 yılında geçici kalp pilinin çıkarılmasının ardından oluşan iç kanama nedeniyle hayatını kaybetmişti.

Yeni geliştirilen ve pirinç tanesinden daha küçük olan yeni kalp pilinin avantajı ise kablosuz olması. Northwestern Üniversitesi mühendislerinin geliştirdiği bu küçük kalp pili bir şırınganın ucuna sığabiliyor ve vücuda cerrahi bir işleme gerek kalmadan enjekte edilebiliyor. Her yaştaki kişiye uygulanabiliyor olmasına rağmen bu kalp pili özellikle doğuştan kalp sorunları olan yeni doğan bebekler için çok uygun. Kalp pili, hastanın göğüs kısmına oturan küçük, yumuşak, esnek bir giyilebilir yama ile birlikte çalışıyor.

Giyilebilir yama, düzensiz kalp atışlarını algılıyor ve otomatik olarak kızılötesi dalga boyunda ışık yayıyor. Kalp pili bu ışık sinyalini algıladığında etkinleşiyor. Sadece geçici kalp piline ihtiyaç duyan hastalar için tasarlanan kalp pilinin tüm bileşenleri biyolojik olarak uyumlu olduğu için kalp piline artık ihtiyaç duyulmadığında vücuttaki biyolojik sıvıların içinde doğal olarak çözünüyor. Nisan 2025'te *Nature* dergisinde yayımlanan çalışmada kalp pilinin bir dizi büyük ve küçük hayvan modelinin yanı sıra vefat eden organ bağışçılarından alınan insan kalpleri üzerindeki etkinliği de ortaya koyuluyor. Bu çalışmada araştırmacıların en büyük motivasyonları çocuklardı. Çünkü çocukların yaklaşık %1'i, doğuştan kalp sorunlarıyla dünyaya geliyor. Bu çocuklar, kalpteki bu yapı ve işlev bozukluklarının onarılması amacıyla gerçekleştirilen ameliyatlardan sonra sadece geçici kalp piline ihtiyaç duyuyor. Özellikle ameliyattan sonraki 7 gün içinde çoğu hastada kalp kendini onarıyor. Ama bu 7 günlük süre hayli kritik. Northwestern Üniversitesinden John A. Rogers, dünyanın en küçük kalp pilini geliştirdiklerini ve özellikle bebekler ve küçük çocuklar için bu kalp pilinin minyatürleştirilmesinin çok önemli olduğunu söylüyor.

Bu çalışma, Rogers'ın ve Northwestern Üniversitesinden deneysel kardiyolog Igor Efimov'un geçici kalp pili için ilk çözülebilir cihazı geliştirdikleri önceki araştırmalarına dayanıyor. Sonuçları 2021'de *Nature Biotechnology*'de yayımlanan çözünebilir kalp pilini geliştirdikleri çalışmayla ince, esnek ve hafif cihaz sayesinde hantal piller ve kablolar gibi sert donanımlara olan ihtiyaç ortadan kalkmıştı. Rogers'ın laboratuvarında daha önce eriyebilir dikişler gibi vücutta zararsız bir şekilde çözünen elektronik ilaç kavramı da keşfedilmişti. Rogers'ın ekibi, bu cihazlardaki malzemelerin bileşimini ve kalınlığını değiştirerek çözünmeden önce işlevsel kaldıkları gün sayısını kesin olarak kontrol edebiliyor. Rogers, kalp pilinin 2-3 yıl içinde insanlarda test edilebileceğini belirtiyor. ■

https://www.nature.com/articles/s41586-025-08726-4



Dövme Kanser Riskini Artırıyor mu?

Özlem Ak

Güney Danimarka Üniversitesi Halk Sağlığı Bölümü ile Klinik Araştırma Bölümünden ve Helsinki Üniversitesinden araştırmacıların ortak yürüttüğü, 5.900'den fazla ikizin katıldığı "Danimarkalı İkiz Dövme Kohort" çalışmasının sonucuna göre dövmeli bireyler, dövmesi olmayanlara göre cilt kanseri ve lenf kanserine (lenfoma) daha sık yakalanıyor. Aynı araştırmada, vücudunda avuç içinden büyük boyutlarda dövmelere sahip kişilerde dövme ile kanser arasındaki bağlantının da daha fazla olduğu tespit edildi. Özellikle lenfoma için bu oran, büyük dövmeli kişilerde dövmesi olmayanlara göre neredeyse üç kat daha yüksekti. Dövme ne kadar büyükse ve ne kadar uzun süre önce yapıldıysa, lenf düğümlerinde o kadar fazla mürekkep biriktiği de gözlendi.

Bugüne kadar yapılan araştırmalardan dövme mürekkebinin, dövmenin yapıldığı alanda kalmadığı, içeriğindeki kimyasal maddelerin lenf düğümlerine taşındığı ve orada biriktiği biliniyordu. Lenf düğümleri bağışıklık sisteminin çok önemli bir parçası olup enfeksiyonlarla savaşmaya ve vücuttaki zararlı maddeleri filtrelemeye yardımcı olur. Araştırmacılar özellikle dövme mürekkebinin lenf düğümlerinde birikerek kronik iltihaplanmayı tetikleyebileceğini belirtiyor. Bu da zamanla anormal hücre büyümesine ve kanser riskinin artmasına yol açabilir. Uzmanlar, mürekkep parçacıklarının lenf düğümlerinde biriktiğini görebildiklerini ve bunları

yabancı madde olarak algılayan bağışıklık sisteminin sürekli mürekkebe bağışıklık tepkisi vermeye çalıştığını tahmin ediyor. Bu da lenf düğümlerinin işlevini zayıflatarak başka sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olabiliyor. Kanserin gelişmesi yıllar aldığı için bu bağlantıyı araştırmak nispeten zor. Bu nedenle aynı genetik yapıya sahip olan, benzer çevresel koşullara maruz kalan ve yıllarca takip edilen (kanser hastası ve sağlıklı) ikizlerin bu araştırmada yer alması, çalışmayı benzersiz kılıyor.

Liudmila Chernetska / iStock

Önceki araştırmalarda dövme mürekkebindeki bazı pigmentlerin diğerlerine göre daha fazla risk oluşturabileceğinin öne sürüldüğünü vurgulayan araştırma ekibi, kendi çalışmalarında kanser oluşumu ile belirli mürekkep renkleri arasında istatistiksel olarak net bir bağlantı olmadığını ancak bunun rengin önemsiz olduğu anlamına gelmediğini söylüyor. Diğer çalışmalarda mürekkebin potansiyel olarak zararlı maddeler içerebileceğinin ve örneğin kırmızı mürekkebin daha sık alerjik reaksiyonlara neden olduğunun tespit edildiğini vurgulayan ekip, çalışmalarının sonraki aşamasında mürekkep parçacıklarının lenf düğümlerinin işlevini moleküler düzeyde nasıl etkilediğini araştıracaklarını belirtiyor. ■

https://doi.org/10.1186/s12889-025-21413-3

TEKNOFEST Coşkusu İlk Kez KKTC'de Yaşanıyor

Özlem Kılıç Ekici

TEKNOFEST 2025 KKTC; Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı himayelerinde, Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı (T3 Vakfı) ve T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ana yürütücülüğünde, teknoloji firmaları, kamu kurumları, üniversiteler ve medya kuruluşlarının katkılarıyla 1-4 Mayıs tarihleri arasında Lefkoşa'daki Eski Ercan Havalimanı'nda gerçekleştirilecek.

Dünyanın en büyük Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali TEKNOFEST 2025 kapsamında Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde düzenlenecek teknoloji yarışmaları; inovasyon meraklıları, teknoloji tutkunları ve heyecan severler için eşsiz bir buluşma noktası olacak.

TEKNOFEST 2025 KKTC kapsamında 6 ana kategori ve 13 alt kategoride teknoloji yarışmaları düzenlenecek. Turizm Teknolojileri Yarışması ile Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nin zengin kültürel mirası, turizm potansiyeli ve kültür faaliyetlerine yönelik

yenilikçi çözümler geliştirilirken Sosyal İnovasyon Yarışması, toplumsal sorunlara teknoloji odaklı yaklaşımlar sunacak. TEKNOFEST KKTC Araştırma Proje Yarışması'nda "tarım, çevre ve enerji" kategorileriyle Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nin problemlerine yenilikçi çözümler bulunulacak. Uçan Araba Simülasyon Yarışması, takımların otonom uçuş, stratejik kontrol ve yenilikçi hava taşımacılığı çözümlerini simülasyon ortamında geliştirmelerini hedeflerken TEKNOFEST Drone Şampiyonası KKTC etabı havacılık meraklılarını benzersiz bir deneyime davet edecek. TEKNOFEST Robolig Mavi Vatan Yarışması, takımlara robotik ve kodlama becerilerini geliştirme fırsatı sağlayacak.

TEKNOFEST'in teknoloji yarışmaları hakkında daha detaylı bilgi almak için www.teknofest.org adresini ziyaret edebilirsiniz. ■

Pali Rao / iStock

Sporun Ayrılmaz Parçası: Teknoloji

Dr. Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Hızlı teknolojik ilerlemeler ve dijitalleşme özellikle son yirmi yılda sporda teknolojinin rolünü önemli ölçüde değiştirdi. Spor dünyası, gelişen teknoloji ile birlikte daha da heyecan verici bir döneme girdi. Son teknolojik araçlar sporcuların performans sınırlarını hiç olmadığı kadar zorluyor. Spor teknolojisindeki gelişmeler sporcuları eğitmek, gelişimlerini desteklemek, performanslarını analiz etmek ve izleyiciyle etkileşim kurmak için yeni pek çok seçenek sunuyor. Bu yenilikler sadece sporseverleri değil, aynı zamanda kural uygulayıcıları, profesyonel sporcuları, antrenörleri ve diğer destekleyici spor personelini de etkiliyor.

Bilim ve teknoloji, tüm spor dallarında gün geçtikçe daha önemli bir rol oynuyor. Giyilebilir takip cihazları, yapay zekâ ve hatta dijital ikizlerin daha yaygın bir şekilde kullanılabilir hâle gelmesi, amatör ve genç sporcuların da daha önce sadece profesyoneller için ulaşılabilir olan bilgilere erişmesine yardımcı oluyor. Örneğin yapay zekâ, spor endüstrisinde önemli bir etkiye sahip. Taraftar deneyimlerini kişiselleştirmekten gerçekçi simülasyonlar oluşturmaya kadar yapay zekânın uygulamaları çok geniş ve çeşitli. Teknoloji sadece mevcut süreçleri iyileştirmekle kalmıyor aynı zamanda sporcu antrenörlüğü, performans analizi ve sakatlık önleme alanlarında da yeni fırsatların önünü açıyor. Sporcular performanslarını geliştirmek için yarışlara hazırlanırken özellikle Intel'in 3DAT isimli 3D sporcu takip teknolojisi aracılığıyla yapay zekâdan faydalanıyor. Bu sistem, bir sporcunun vücudundaki 21 noktayı izleyerek biyomekanik verileri analiz ediyor ve antrenörlere sporcunun fiziksel hareketlerine ilişkin ayrıntılı bilgiler sağlıyor. Yapay zekâ, antrenman programlarının ve beslenmenin yanı sıra sporcunun genel performansının optimize edilmesine de yardımcı oluyor.

Spor alanındaki araştırmacıların bir sporcunun sağlığı ve performansı hakkında veri toplayabileceği pek çok yöntem ve araç var. Veri izleme, bir sporcu hakkında kişiselleştirilmiş verileri toplar ve bu veriler sporcuların hedeflerine ulaşmasına yardımcı olmak için kullanılır. Bu tür verilerin toplanmasının başlıca yolu sensörlerdir. Sensörler sporcular tarafından giyilir veya kıyafetlerine ya da ayakkabılarına yerleştirilir. Spora özgü sensörler, optimum sporcu performansını takip etmek amacıyla kişiselleştirilmiş veri analizi ve öngörüler yapmak için üretilir. GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) sensörleri, koşu veya bisiklete binme gibi açık hava etkinliklerinde konum, hız ve diğer hareket tabanlı ölçümler için kullanılır. Hıza Dayalı Antrenman (VBT) sensörleri ağırlık kaldırıcıların performansını izlemeye yarar. Uyku takip cihazları da uyku kalitesini izler ve performans iyileştirme için sporcuların uyku hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olabilir. Spor hekimliği uzmanlarının sporcu sakatlıklarını önlemek için kullandıkları farklı sensörler de mevcut.

Sporda Teknoloji: Nereden Nereye

Teknolojinin spora ilk katkılarından biri de müsabaka sonuçları hakkındaki tartışmaları ortadan kaldırmaktı. 1960 Roma Olimpiyat Oyunları'nda yüzmede 100 metre serbest stilin sonuçları üzerine yapılan bir tartışma, bitiş duvarına dokunmatik yüzeylerin yerleştirilmesi kararının kabul edilmesiyle sonuçlandı. 2024 Paris Olimpiyat Oyunları'nda iki koşucu 100 metre koşusunu görünüşte aynı anda bitirdi. Kazanan, Omega'nın saniyede 40.000 fotoğraf çekebilen yeni kamerasıyla kaydedilen görüntülerin incelenmesiyle ortaya çıktı.

1970'lerden bu yana spor eğitim merkezleri, çeşitli yaşamsal belirtileri ölçmek için elektronik tıbbi ekipmanlar kullanıyor. Son 20 yılda tıbbi sensörler neredeyse her spor dalında kullanılan giyilebilir cihazlara yerleştirilerek müsabakalar sırasında sporcuların hayati belirtilerini ve sağlık durumlarını kontrol etmeyi mümkün kıldı. İvmeölçerler ve atalet ölçüm birimleri (IMU) gibi konumsal sensörler de giyilebilir cihazlara entegre edildi, doğrudan formalara dikildi veya toplara ve diğer spor aparatlarına gömüldü. Nihayetinde spordaki tüm teknolojik gelişmeler spor teknolojisi endüstrisini optimizasyon konusunda daha da ileriye götürmeyi amaçlıyordu. 2024 Paris Olimpiyat Oyunları, sektörde ilk olan teknolojik yeniliklerin ve uygulamaların kullanıldığı uluslararası spor organizasyonu oldu. Uluslararası Olimpiyat Komitesi (IOC), birçok konuda farklı çözümler

sunmak, daha iyi planlama yapmak, çevrim içi kötüye kullanımı tespit etmek, birden fazla kameradan gelen görüntüleri işlemek için dijital ikizlerin ve yapay zekâ uygulamalarının kullanımı konularında Samsung, Intel ve Atos gibi teknoloji devleriyle iş birlikleri yaptı.

Giyilebilir Teknolojiler

Günümüzde son teknolojik araçlar, sporculara insan potansiyelinin sınırlarını zorlama gücü veriyor. Giyilebilir teknoloji iletişim, hedefler ve izleme için inanılmaz derecede fayda sağlıyor. Fitness takipçileri, akıllı saatler ve biyometrik sensörler gibi giyilebilir teknolojilerin kullanılması profesyonel ve amatör sporcular arasında yaygınlaşıyor. Yapay zekâ ve giyilebilir teknolojilerin ilerlemesi, sporcuların performansında ve antrenmanlarda yeni bir standart oluşturuyor. En yaygın giyilebilir teknoloji türü fitness saatleri. Hem profesyonel sporcular hem de amatörler kalp atış hızı, yakılan kalori miktarı, adım sayısı ve koşu mesafesi gibi ölçülebilir istatistikleri takip etmek için fitness saatlerini kullanıyor. Kalp atış hızı monitörleri, bir sporcunun kalp atış hızını izleyen bir başka giyilebilir teknoloji türü. Bu veriler, bir sporcunun egzersiz sırasındaki hedef kalp atış hızını, egzersiz seviyesini ve kalp sağlığını araştırmada yardımcı oluyor. Kalp atış hızı monitörleri ayrıca kalp damar sağlığı ile ilgili düzensizlikleri tespit etmek ve aşırı yoğun antrenmanları önlemek için de kullanılıyor. Kasklar da giyilebilir cihazlar olarak kabul ediliyor. Kasklarda, genellikle daha verimli bir

performans ve koordinasyon sağlamak için sporcular ve destek ekipleri arasında iletişime olanak tanıyan yerleşik kulaklıklar, kameralar ve ekranlar bulunuyor. Giyilebilir cihazların ötesinde, sporcunun vücut hareketlerinin özel sensörler veya kameralar aracılığıyla gerçek zamanlı ve hassas bir şekilde takip edilmesini sağlayan hareket yakalama sistemleri ve yapay zekâ, sporcuların becerilerini geliştirme biçimlerini de etkiliyor. Catapult Sports gibi şirketler, bir sporcunun antrenman veya maçlar sırasında hızını, kat ettiği mesafeyi ve ivmesini izleyen GPS özellikli yelekler üretiyor. Alınan veriler, sporcuların tekrarlayan şekilde aşırı efor sarf ettiği durumları belirleyerek antrenörlerin stratejileri özelleştirmelerine ve yaralanma risklerini azaltmalarına olanak tanıyor.

TESLASUIT

TESLASUIT sanal, artırılmış ve karma gerçekliği yeniden tanımlayan yeni nesil bir giyilebilir teknoloji. Dokunma duyusuna dayalı geri bildirim, hareket yakalama ve biyolojik parametreleri birleştirerek benzersiz deneyimler sağlıyor. EMS (elektriksel kas uyarımı) ve TENS (Transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu) teknolojisini kullanan giysinin gelişmiş dokunsal sistemi, çok çeşitli fiziksel duyumları simüle ediyor. Bu, kullanıcıların sanal ortamlarla fiziksel olarak etkileşime girmesine, kas hafızasını, tekniği ve genel öğrenmeyi geliştirmesine olanak tanıyor. 14 IMU (eylemsizlik ölçüm birimi) sensörüyle donatılan hareket yakalama sistemi, vücut hareketlerini hassas bir şekilde izliyor ve kaydediyor; animasyon üretimi, performans analizi ve ergonomi alanlarında da uygulamalara olanak tanıyor. Olimpiyat sporcuları tarafından kullanılan bu teknoloji, gerçek zamanlı fizyolojik veriler sağlamak için nabız, oksijen satürasyonu, kan basıncı gibi parametreleri ölçüyor, ayrıca deri üzerindeki ışık şiddeti değişimlerini gözlemlemeye dayalı optik bir teknik olan fotopletismogram gibi bir biyometri sistemini de içeriyor. Toplanan veriler sanal ve artırılmış gerçeklik modelleri sayesinde kişiye uyarlanabilir deneyimler oluşturmak için kullanılabiliyor. Yenilikçi akıllı kumaşlar kullanılarak üretilen bu tulum şeklindeki kıyafet , ikinci bir deri gibi vücuda uyum sağlayarak olimpiyatlara hazırlanan dövüş sporcuları, golfçüler ve beyzbolcular tarafından kullanılan önemli bir ekipman.

Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik de spor teknolojilerinin en önemli unsurlarından. Örneğin Amerikan Futbol Ligi'ndeki (NFL) oyun kurucular, oyun senaryolarını simüle etmek için sanal gerçeklik başlıklarını kullanıyor ve bu sayede sahaya çıkmadan önce karar verme pratiği yapabiliyor. Bu teknoloji, zihinsel keskinliği artırarak ve tepki sürelerini kısaltarak sporculara rekabet avantajı sağlıyor. Bu arada üç boyutlu (3D) hareket takibi gibi biyomekanik analiz araçları, golfçülerin ve tenisçilerin her mikro hareketini detaylıca göstererek vuruşlarını mükemmelleştirmelerine yardımcı oluyor.

Olimpiyat sporcularının kullandığı bazı ilginç giyilebilir teknoloji örneklerinden ikisi, yüzücülerin tur sürelerini, kulaç sayılarını ve verimliliklerini takip etmek için kullandıkları FINIS Akıllı Gözlükleri ve Swimmo saatleri. WHOOP Strap gibi giyilebilir sensörler ise kalp atış hızındaki değişiklikleri takip ederek sporcuların en yüksek performans için antrenmanlarını optimize etmelerine ve performans yükünü (antrenmanların neden olduğu fiziksel ve bilişsel yük) yönetmelerine yardımcı oluyor.

Sporcular için gerçek zamanlı görsel geri bildirim sağlayan giyilebilir teknolojik cihazlar alanında lider olan FORM da yeni nesil artırılmış gerçeklik yüzücü gözlüklerinden olan Smart Swim 2'yi üretti. Bu yüzücü gözlüğü, özellikle yüzme tekniklerini ve performanslarını geliştirmek isteyen sporcular için gelişmiş özellikler sunuyor. Temel yenilikler arasında suyun içinde hassas izleme yapabilme, entegre kalp atış hızı takibi ve açık suda yön bulmayı kolaylaştıran dijital pusula olan SwimStraight teknolojisi yer alıyor. Önceki modellere göre %15 daha küçük boyutlara sahip olan gözlükler yüze rahat bir şekilde oturarak optimum konfor ve suyun içinde daha az direnç oluşturarak hidrodinamik bir uyum sağlıyor. Olimpik sporcular tarafından kullanılan FORM'un HeadCoach teknolojisi ise kişiselleştirilmiş egzersizler ve gerçek zamanlı teknik geri bildirimi sağlamak için makine öğrenmesi yöntemi ile geliştirildi.

Uydu Teknolojisi 2024 Olimpiyat Mayolarında

2024 Paris Olimpiyat Oyunları'ndaki mayolarda, uydularda bulunanlara benzer bir su itici (hidrofobik) teknoloji kullanıldı. Lamoral ve Speedo'nun ortak çalışmasıyla geliştirilen Fastskin LZR mayolar, uyduları kozmik radyasyondan korumak için kullanılan dayanıklı bir su itici bir madde ile kaplandı. Speedo'nun Fastskin LZR Intent 2.0 ve Fastskin LZR Valor 2.0 mayolarının amacı, suda hareket ederken yüzücülere etki eden direnci azaltmak ve yüzücünün hidrodinamik performansını iyileştirmek. Lamoral'ın yenilikçi su itici teknolojisinde ise ağırlıksızlık hissi veren hafif bir kumaş kaplaması kullanılıyor ve böylece geleneksel yüzücü mayoları ile karşılaştırıldığında suyu itme özelliği altı kat daha fazla olan ve en düşük su emme oranına sahip mayolar üretiliyor.

Satyrenko / iStock

1924 Paris Olimpiyatları'nda ABD'li Johnny Weissmuller, erkekler 100 metre serbest stil yarışını 59 saniyelik derecesiyle kazanmıştı. Yaklaşık 100 yıl sonra Tokyo'daki 2020 olimpiyat oyunlarında Caeleb Dressel, aynı yarışı Weissmuller'nin derecesinden 12 saniye daha kısa sürede tamamladı. Antrenman, kulaç atma stratejisi, beslenme ve bazı ekipmanlardaki yenilikler de dâhil olmak üzere çeşitli faktörlerin bir sonucu olarak geçtiğimiz yüzyılda yüzme yarışlarında rekor süreleri çok kısaldı. Yıllar içinde yüzme performanslarındaki iyileşmenin bir bileşeni olan biyomekanik; yüzücülerin sırtüstü, kurbağalama, kelebek ya da serbest stil sırasındaki kulaçlarının optimize edilmesinde önemli rol oynadı. Yüzücüler onlarca yıldır rakiplerine üstünlük sağlamak için farklı teknikler denedi. Matematik ve diğer temel bilim ilkelerinden fiziksel süreçlerin anlaşılmasında ve sporcuların performanslarının iyileştirilmesinde yararlanılmasının yanı sıra son yıllarda giyilebilir sensör teknolojisi de antrenmanlarda kullanılıyor. Bu durum bazı sporcuların performanslarını yeni zirvelere taşımalarına olanak sağladı.

Dijital İkizler Olimpik Yüzücülere Destek Veriyor

Yüzmedeki kulaç hareketlerinin işleyişini yani yüzmenin biyomekaniğini açıklayan bilimsel ilkeleri anlamak için Newton'un hareket yasaları çok önemlidir. Eylemsizliği, ivmenin bir nesnenin kütlesine ve uygulanan kuvvet miktarına bağlı olduğu fikrini ve bir nesnenin diğerine uyguladığı bir etkinin eşit ve zıt bir tepki ortaya çıkardığı ilkesini kapsayan bu yasalar, yüzmeyle ilgili birçok biyomekanik sürecin nasıl gerçekleştiğinin daha basit bir şekilde anlaşılmasına yardımcı oluyor. Charlottesville'deki Virginia Üniversitesinden matematikçi Ken Ono da bu yasalardan yararlanarak yüzücülerin hareket verilerini analiz etmek ve performanslarını artırmak için son yıllarda zamanını ABD olimpiyat takımındaki sporcular ile geçirdi. Yıllardır üniversitenin yüzme takımında yer alan öğrencilerle çalışan Ono, havuzda sporcuların vücut hareketlerini detaylı izlemek için teknikler geliştirdi. Cambridge'deki Massachusetts Teknoloji Enstitüsü Spor Laboratuvarında birlikte çalıştığı Jerry Lu ile sporcuların hareketlerinin 3D modellerini oluşturdular, sporculara her kulaçta zaman kazandıran küçük değişiklikler önerdiler ve hassas antrenmanlarla yüzme performanslarını artırmaya yardımcı oldular. Ono ve ekibi, yüzücülerin el ve ayak bileklerine veya sırtlarına yerleştirilen sensörler kullanarak atalet ölçüm birimleri (IMU) sensörlerini kullanarak ivme verilerini topladı. Bu bilgiler daha sonra dijital ikiz olarak adlandırılan ve yüzücünün hareketlerini tam olarak kopyalayan bir model oluşturmak için kullanıldı. Bu dijital ikizler, sporcuların güçlü ve zayıf yönleri ortaya çıkararak Ono ve antrenörlerin teknik ve strateji konusunda (örneğin bir yüzücünün suda daha yavaş ilerlemesine yol açtığı için belki de gerçek rakibi olan sürüklenme kuvvetinin nasıl azaltılacağı gibi) anında iyileşme sağlayacak önerilerde bulunmasına olanak tanıdı.

Teknoloji ile Yaralanma Önleme ve Hızlı İyileşme

Yeni nesil spor teknolojilerinin geliştirilmesinin en önemli amaçlarından biri de yaralanmaların ya da sakatlanmaların önlenmesi. Olimpiyat oyunlarındaki sporcular ve antrenörler spor yaralanmalarını önceden tahmin etmek, önlemek ve tedavi etmek için gelişmiş teknolojiden yararlanıyor. 2024 olimpiyat oyunlarında kullanılan teknolojilerden MeasureU ve OrthoSensor gibi giyilebilir sensörler sakatlık takibi için, NormaTec botları ise müsabaka sonrasında sporcuların toparlanma sürecini hızlandırmak için yaygın olarak kullanılıyor. Hokey markaları Dartfish ve Kinexon, sakatlanma riskinin arttığına işaret edebilecek hareketlerdeki ince değişiklikleri tespit etmek için yapay zekâya dayalı hareket analizinden yararlanıyor. Özellikle ağız dokularında ve kafada oluşabilecek fiziksel travmaları engellemeyi ve takip etmeyi sağlayan yeni nesil ağız koruyucuları, yıkıcı bir kafa darbesinde kırmızı, orta dereceli kafa darbesinde mavi renkte parlıyor. Yüksek teknolojili bu ağız koruyucuları, solunum ritmini dengede tutmak için

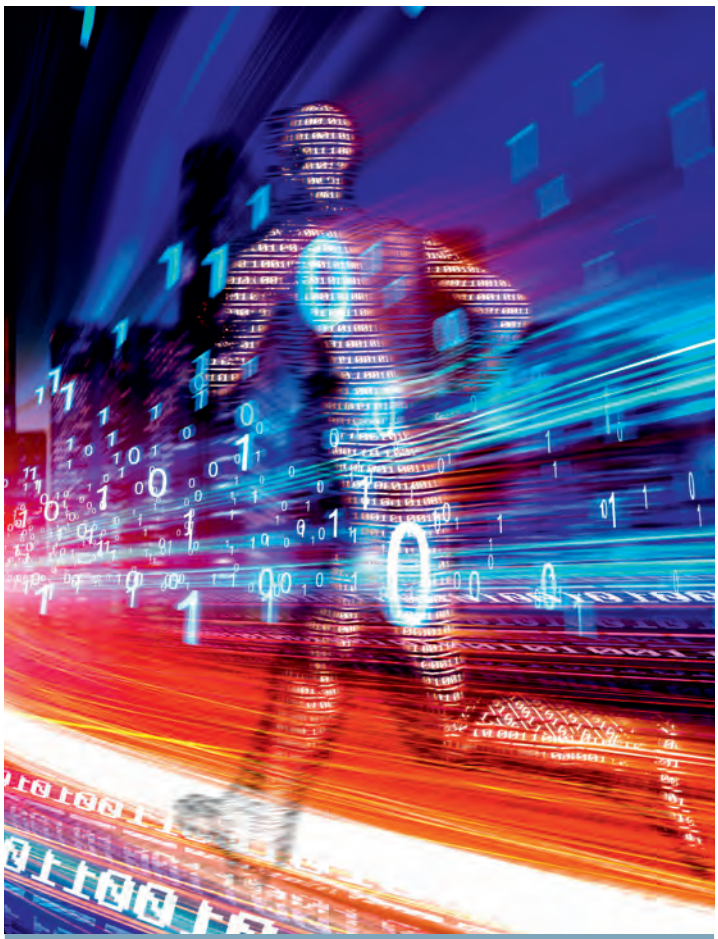
sporcuya nefes alma zamanının geldiğini bildirebilen dâhili sensörler içeriyor. Yüksek teknoloji ürünü kasklar ise darbe sırasında sporcunun başını korumak için şok emilimi gibi özelliklerle donatılmış. Bunlar, tıpkı arabalardaki hava yastıkları gibi bir sporcunun kafa travması durumunda yaşayabileceği kamçı etkisini (başın kontrolsüz ve hızlı bir şekilde ileri-geri hareket etmesi) azaltmak için kaskın içindeki havayı dışarı salacak şekilde üretilmiş.

Biyometrik veriler kullanılarak sporcuların sakatlanmaların önlenmesine yardımcı olacak bazı teşhis programları üzerinde de çalışılıyor. Bu programlar sayesinde takımdaki diğer sporculara kıyasla, bireysel fizyolojik farklılıklar ve sakatlık geçmişi gibi nedenlerle, sakatlanma riski daha yüksek olan sporcular kolayca belirlenebilecek. Yüksek çözünürlüklü kameralar ve bilgisayar kullanılarak toplanan ve analiz edilen veriler sayesinde sakatlıkları daha oluşmadan önlemek amacıyla sporcunun performansında bazı değişiklikler yapılması mümkün olabilecek.

Teknoloji, sakatlanmalar sonrasında sporcunun hızlı bir şekilde iyileşmesi sürecine de yardımcı oluyor. Kriyoterapi odaları, kızılötesi saunalar ve kompresyon terapi cihazları, kas onarımını hızlandırarak sporcuların optimum performanslarına daha hızlı dönmelerini sağlıyor. Örneğin Cristiano Ronaldo gibi futbol yıldızları, hasarlı dokulara çok daha fazla oksijen ulaşmasını sağlayarak iyileşme sürecini hızlandıran hiperbarik oksijen odalarının kullanımını popüler hâle getirdi. Bu da teknolojinin sporun her dalında ne kadar yaygın olarak kullanılmaya başladığının bir kanıtı.

Hakemlik ve Gerçek Zamanlı Veriler

Yapay zekânın hakemlikteki uygulamaları makine öğrenmesi algoritmalarıyla birleştiğinde hassas ölçümler veya öznel puanlama gerektiren sporlarda hakemlere yardımcı oluyor. Uluslararası Olimpiyat Komitesi Başkanı Thomas Bach, dalış etkinliklerinde yapay zekânın dönüşleri, hızları, açıları yani bir hakemin karar vermesi için gerçekten önemli olan tüm verileri detaylandırdığını söylüyor. Yapay zekâ, dalışı sekanslara bölüyor, elde ettiği verileri saniyenin onda birinden daha kısa bir sürede analiz ediyor ve bu veriler seyircilerle gerçek zamanlı olarak paylaşılabiliyor. Böylece bir sporcunun dalışın hangi sekansında puan kazandığı ve kaybettiği daha iyi anlaşılabiliyor. Teknolojinin spor hakemliğindeki rolü, insan hatasını



nadia / iStock

Bilişsel Eğitim Teknolojisi

Profesyonel bir sporcu olmak sadece fiziksel dayanıklılığın değil, zihinsel dayanıklılığın da bir ölçüsü. Son yıllarda spor dünyasında, bir sporcunun ne kadar hızlı koşabildiğinin veya ne kadar ağırlık kaldırabildiğinin ötesinde diğer unsurlara da dikkat ve özen göstermesini sağlayan bir değişim oldu. Bu amaçla gelişmiş teknolojiler ile desteklenen bilişsel egzersizler el-göz koordinasyonu ve tepki süreleri gibi temel bilişsel becerilerin geliştirilmesinde kullanılıyor. Zihinsel ve fiziksel performans arasındaki bu köprü, sporcular için büyük önem taşıyor ve sporcuların en yüksek potansiyellerine ulaşmalarına yardımcı oluyor.

azaltarak ve daha adil sonuçlar sağlayarak oyunun kurallarının daha iyi uygulanmasını sağlıyor. Belki de en bilinen örnek goller, penaltılar ve kırmızı kartlar gibi kritik kararları incelemek için futbolda kullanılan Video Yardımcı Hakem (VAR) sistemi. Bazı taraftarlar arasında oyunu yavaşlattığı için tartışmalı olsa da VAR, teknolojinin rekabetin bütünlüğünü nasıl koruyabileceğini gösteriyor. Teniste de Hawk-Eye sistemi, topun saha çizgilerinin içinde mi yoksa dışında mı olduğuna karar veren yan hakem kararları konusundaki anlaşmazlıkları neredeyse ortadan kaldırmış gibi duruyor. Yüksek hızlı kameralar ve gelişmiş algoritmalar kullanan Hawk-Eye, bir topun yörüngesini hassas bir doğrulukla izleyerek oyunculara ve yetkililere milisaniyeler içinde itiraz edilemez kanıtlar sunuyor. Bu teknoloji kriket ve voleybolda da kullanılıyor. NFL'nin anında tekrar oynatma sistemi, modern hakemliğin bir diğer temel taşı olarak değerlendiriliyor. Bu sayede antrenörler anında itiraz edebiliyor, hakemler oyunları kenar çizgi tabletlerinden inceleyebiliyor. Böylece saniyenin onda biri kadar kısa sürede alınan kararlarla oyunun sonucu doğru ve adil bir şekilde belirlenebiliyor.

Spor dünyasında yeni nesil teknolojileri kullanırken spor etiğinin bütünlüğünü korumak için de bir denge kurmak çok önemli. Gerçekten de spor dünyasında kullanılan çeşitli teknolojiler, sporcular, organizasyonlar ve antrenörlerin yenilik yarışını olumsuz bir şekilde yönlendirebilir. En uç noktada, teknolojik bir rekabet sporcu rekabetinin önüne geçebilir. Dahası, her sporun finansal kaynaklarının büyüklüğünün farklı olması teknolojinin kullanımında haksız rekabete yol açabilir. Bu nedenle yeni teknolojilerin kullanımı ile sporda eşitlik, kapsayıcılık ve adalet gibi belirli temel değerler arasında bir denge sağlamak önemli.

Teknolojinin spor üzerindeki büyük etkisi gün geçtikçe hepimizi şaşırtmaya devam edecek gibi gözüküyor. Yapay zekâ uygulamaları yaygınlaştıkça ve akıllı ekipmanlara erişilebilirlik arttıkça yeni nesil teknolojiyle birlikte göğse takılan kalp atış hızı monitörlerinin yerini akıllı dövmelerin, sensör cihazlarının yerini ise biyosensör lifleriyle örülmüş akıllı giysilerin alması muhtemel. Yüz tanıma teknolojisi, gerçek zamanlı dil çevirisi, vücut hareket sensörleri, akıllı gözlükler, daha benzersiz teknolojik uygulamaların sporda kullanılmasına yol açabilir. Ancak teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin spor, insan çabasını ve ruhunu hep yansıtacak gibi duruyor. ■

Kaynaklar

https://phys.org/news/2024-05-science-math-tech-propel-swimmers.html
https://www.space.com/satellite-technology-olympic-swimsuits-2024
https://olympics.com/ioc/news/ai-and-tech-innovations-at-paris-2024-a-game-changer-in-sport
https://www.nature.com/articles/d41586-024-02427-0
https://www.scientificamerican.com/article/training-with-digital-twins-could-boost-olympic-swimmer-speeds/

Bilim Çizgi

Sinancan Kara [*btcizgiroman@tubitak.gov.tr*

HALİL İNALCIK, ÜNİVERSİTEDE ASİSTAN OLUR VE 1942 YILINDA "TANZİMAT VE BULGAR MESELESİ" ÜZERİNE DOKTORA TEZİNİ TAMAMLAR.

OSMANLI SARAY ARŞİVLERİNİ DERİNLEMESİNE İNCELER. TANZİMAT DÖNEMİ ÜZERİNE O ZAMANA DEK BİLİNMEYEN KONULARI AÇIĞA ÇIKARIR.

SONRASINDA DAHA ESKİ DÖNEMLERE ÖZELLİKLE DE FATİH SULTAN MEHMET DÖNEMİNE YOĞUNLAŞIR. O DÖNEMLERİN MAHKEME KAYITLARINI İNCELEYEREK DÖNEMİN SOSYAL YAPISI HAKKINDA DERİN ÇALIŞMALAR YAPAR.

1945 YILINDA YİNE AYNI ÜNİVERSİTENİN ARAP DİLİ VE EDEBİYATI BÖLÜMÜNDE DOÇENT OLAN ŞEVKİYE IŞIL HANIM İLE EVLENİR. ÇALIŞMALARI SIRASINDA EŞİNİN YAPTIĞI TERCÜMELERDEN FAYDALANIR.

ABD'DEKİ HARVARD ÜNİVERSİTESİNDEN MİSAFİR ÖĞRETİM ÜYESİ OLMAM İÇİN TEKLİF GELMEYE DEVAM EDİYOR. BELKİ KISA SÜRELİĞİNE... NE DERSİN?

NEDEN OLMASIN?

HALİL İNALCIK, ABD'DE VE AVRUPA'DA BİRÇOK PRESTİJLİ ÜNİVERSİTEDE DERS VERDİ. ON BEŞ YILLIK CHİCAGO ÜNİVERSİTESİ TECRÜBESİ BUNLARIN EN UZUN SÜRENİ OLDU...

SENEYE DE BURADA OLACAK MISINIZ İNALCIK HOCAM?

HAYIR. TÜRKİYE'YE DÖNÜYORUM. ORADA BİR ÜNİVERSİTEDE TARİH BÖLÜMÜ KURACAĞIM.

HALİL İNALCIK, 1993 YILINDA BİLKENT ÜNİVERSİTESİ TARİH BÖLÜMÜNÜN KURUCULUĞUNU YAPMAK ÜZERE TÜRKİYE'YE DÖNER.

HOŞ GELDİNİZ. ÇALIŞMALARIMIZA HEMEN BAŞLAYALIM.

2016 YILINDA, YÜZ YAŞINDAYKEN HAYATINI KAYBEDENE KADAR ÜRETMEYE DEVAM ETMİŞTİR. YETMİŞ İKİ KİTABININ ÇOĞUNU, SEKSEN YAŞINDAN SONRA YAZMIŞTIR.

ÜRETKENLİĞİNİ ŞÖYLE İFADE ETMEKTEDİR: "BİR ŞEYE AŞIK OLDUNUZ MU HER ŞEYİ UNUTURSUNUZ..."

HALİL İNALCIK
(7 EYLÜL 1916 – 25 TEMMUZ 2016)

TÜRK TARİHÇİ. OSMANLI ARŞİV BELGELERİ ÜZERİNE YAPTIĞI TİTİZ ARAŞTIRMALARLA OSMANLI DEVLETİ'NİN SOSYAL, EKONOMİK VE SİYASİ TARİHİ KONULARINDA ÇIĞIR AÇAN ÇALIŞMALARA İMZA ATTI. YAZDIĞI KİTAPLAR OSMANLI TARİHÇİLİĞİNİN TEMEL KAYNAKLARI HÂLİNE GELDİ.

AKADEMİK BAŞARILARI TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ ŞEREF ÜYELİĞİ, UNESCO VE BENZERİ ULUSLARARASI KURUMLARDAN ALDIĞI ÖDÜLLER İLE TAÇLANDIRILDI.

VASİYETİ ÜZERİNE, TARİHİNE IŞIK TUTTUĞU FATİH SULTAN MEHMET TÜRBESİ HAZİRESİNE DEFNEDİLDİ.

Formula 1'in Bilim ve Mühendislik Dünyasındaki Hız Senfonisi

Gürkan Caner Birer [*Bilgisayar Mühendisi*

Yas Marina Pisti'nde gerçekleştirilen Formula 1 Dünya Şampiyonası 2021 sezonunun son yarışında hava hayli gergindi. Lewis Hamilton ve Max Verstappen, sezonun son yarışına eşit puanla (369,5) girmişti. Yıllardır görülmemiş derecede çekişmeli bir sezonun şampiyonu bu yarışta belli olacaktı. Çöl sıcağının etkisini kırmak için gece yapılan Abu Dabi Grand Prix'inde 300 km'yi aşan hızlara ulaşan yarış arabalarının fren disklerindeki 27 farklı sensörden gelen bilgiler, disk sıcaklığının 1.000 santigrat dereceye vardığını gösteriyordu. Bir dizüstü bilgisayardan biraz daha ağır olan her disk, milimetre hassasiyetiyle çalışırken yarış boyunca ortalama bir evin bir günlük enerjisine denk bir ısıyı emiyordu. Sezonun son yarışının son turunda, lastiklerin piste tutunmaya çalışırken çıkardığı etkileyici sesler ve motorların yüksek devirlerde yankılanan uğultusu arasında bir sürücü, tartışmalı bir kararla yarışın ve şampiyonanın kazananı oldu.

da-kuk / iStock

James Warren / Alamy

Gari Wyn Williams / Alamy

Oyunun Kuralları: Formula 1'in Temelleri

Formula 1 (F1), hızın ötesinde bir dünya. Her saniye, her vida, her karar yarışların sonucunu etkileyebiliyor. Bu spor, bilim ve mühendisliğin sınırlarının test edildiği bir sahne. Yani Formula 1 sadece otomobil yarışı değil aynı zamanda uygulamalı bir bilim yarışıdır. Riskler devasa, hata payı ise yok denecek kadar az. İşte bu yüzden Formula 1, saatte 370 kilometreye ulaşan hızlarda mükemmelliği arayan eşsiz bir gösteri, âdeta bir hız senfonisi!

Bu yazı serisiyle Formula 1 araçlarının mekanik ve aerodinamik açıdan hız sınırlarını zorlamalarını sağlayan özelliklerini keşfedeceğiz. Takımların bu sınırları zorlamak ve Uluslararası Otomobil Federasyonu'nun (FIA) katı düzenlemelerine uymak arasındaki ince çizgiyi nasıl koruduğunu inceleyeceğiz. Ayrıca Formula 1'in, yarış pistinin ötesine uzanan teknolojik yenilikleri üreten süreçlerine göz atacağız.

Kemerlerinizi bağlayın! Formula 1'in "hız senfonisine" başlıyoruz.

Formula 1'de yarışları düzenleyen sportif kurallar, aracın tasarımını ve teknik özelliklerini belirleyen teknik kurallar ve takım bütçelerini düzenleyen finansal kurallardan oluşan karmaşık bir kurallar sistemi mevcuttur. Bu düzenlemeler, araştırma ve geliştirme çalışmalarının çok yüksek maliyetlere ulaştığı Formula 1'de tüm takımların varlığını sürdürebilmesine, sportif rekabetin korunmasına ve güvenli bir yarış ortamı oluşmasına imkân verir. Ancak bu kuralların etkisi yarışın çok ötesine uzanır. Teknolojik yenilikleri teşvik eder ve mühendisliğin sınırlarını zorlar. Sonuçta motor sporlarıyla hiçbir ilişkisi olmayan endüstrileri bile etkiler.

Formula 1'in düzenleyici kurumu olan Uluslararası Otomobil Federasyonu (FIA), kuralların oluşturulmasından ve denetlenmesinden sorumludur. Bu düzenlemeler üç kritik alanı kapsar:

▶ Teknik Düzenlemeler: Aerodinamik bileşenlerinin şeklinden güç ünitelerine kadar araçların nasıl tasarlanıp üretileceğini tanımlar.

▶ Sportif Düzenlemeler: Sıralama ve yarış formatları, pit stoplar, puan sistemi ve cezalar dâhil olmak üzere yarışların nasıl yürütüleceğini belirler.

▶ Finansal Düzenlemeler: Takım bütçelerini kontrol eder.

Formula 1 kuralları özünde üç hedefi dengelemeyi amaçlar:

▶ Güvenlik: Yüksek hız üzerine kurulu bir sporda sürücüleri, takım çalışanlarını ve izleyicileri korumak.

▶ Adalet: Daha yüksek bütçelere sahip takımların yarışları domine etmesini engelleyerek eşit şartlarda bir rekabeti teşvik etmek.

▶ İnovasyon: Yenilikçi ve özgün mühendislik çözümleri geliştirilmesine imkân verirken maliyetlerin kontrolsüz bir şekilde artmasını ve yarış sonuçlarını öngörülebilir hâle getirebilecek teknolojilerin geliştirilmesini önlemek.

2021'de Formula 1'de ilk defa takım bütçelerini sezon başına 145 milyon dolar ile sınırlayan maliyet tavan uygulaması tanıtıldı. Böylece finansal kaynaklarının büyüklüğü farklı olan takımlar arasında rekabet dengeli hâle geldi. Daha önce yüz milyonlarca dolar bütçeye sahip Mercedes, Ferrari ve Red Bull gibi büyük takımlar, geniş bütçelerinin sağladığı teknolojik üstünlük ile küçük takımları kolayca geride bırakabiliyordu. Harcama tavanı, en büyük takımları bile çok fazla para harcayarak yeni

Dokuz kez Formula 1 yarışlarına ev sahipliği yapan İstanbul Park, Formula 1'in en sevilen pistleri arasında yer alıyor.

teknolojiler geliştirmek yerine verimli ve yenilikçi çözümlere öncelik vermeye zorluyor. Takımlar, bütçe kısıtlamaları nedeniyle aracın aerodinamik performansını artıran yeni tasarımlar geliştirmek veya motor yazılımlarını geliştirmek arasında seçim yapmak zorunda kalıyor. Böylece takımların teknoloji yatırımlarına yönelik alacağı her karar, yarış takvimi boyunca performanslarını dolayısıyla şampiyonluk mücadelelerini etkileyebilecek bir hâl alıyor.

Formula 1 ekosistemi, birbirinden farklı bütçelere ve motor sporları geçmişine sahip 10 takım ve farklı teknik karakteristiklere sahip 24 pistte gerçekleştirilen küresel bir organizasyondur. Her takım, yaklaşık 1.000 kişilik bir kadroyla faaliyetlerini gerçekleştirir.
Bu devasa operasyonun yıllık maliyeti, maliyet tavanına rağmen her takım için 250-400 milyon dolar arasında değişir. Mercedes, Ferrari ve Red Bull gibi köklü takımlar, sahip oldukları teknolojik altyapı ve Ar-Ge kapasiteleriyle şampiyonluk mücadelesinde çoğunlukla ön sıralarda yer alırken Alpine, McLaren ve Aston Martin gibi şampiyona sıralamasında genellikle orta sıralarda yer alan takımlar liderliği zorlamaya çalışır. Williams, Haas ve Sauber gibi daha mütevazı bütçeli takımlar ise stratejik hamleleriyle beklenmedik puanlar kazanmayı hedefler.
Formula 1 pistleri, teknik yapılarıyla adeta tasarım harikası mimari yapılar olarak değerlendirilebilir. Monako'nun dar ve kıvrımlı sokakları, Belçika'daki Spa-Francorchamps Pisti'nin değişken hava koşulları ve pistin sektörleri yani bölümleri arasındaki rakım farklılıkları, Büyük Britanya'daki Silverstone Pisti'nin yüksek hızlı virajları ve Japonya'daki Suzuka Pisti'nin "8" şeklindeki eşsiz tasarımı, her yarışı benzersiz bir mücadeleye dönüştürür. En yeni pistlerden olan Suudi Arabistan'da bulunan Cidde Sokak Pisti, 252 km/s hız ortalamasıyla dünyanın en hızlı sokak pisti ünvanını elinde bulundururken İtalya'da bulunan tarihi Monza Pisti ise araçların saatte 370 km hızı aştığı düzlükleriyle en yüksek hız rekorlarına ev sahipliği yapar.

Pistin fiziksel ve teknik özellikleri, rakımı, sıcaklığı, asfaltın kalitesi, rüzgârın şiddeti, yağmur gibi faktörler takımların ve sürücülerin performansının yarıştan yarışa önemli ölçüde değişmesine neden olabilir. Pistlerin zeminleri, asfalt kalitesine göre sınıflandırılır ve bu durum, takımların yarış sırasında hangi tür lastikler kullanacaklarıyla ilgili stratejilerini doğrudan etkiler. Araçlar, yüzlerce farklı parametrenin dikkate alınmasıyla her pist için yeniden ayarlanır. Takımlar bu ayarları yapmak için simülasyonlara ve yarışların gerçekleştirildiği hafta sonunda belirli saat aralıklarında yapılan antrenman turlarında toplanan verilere güvenmek zorundadır.

Formula 1'de her yarış Grand Prix şeklinde ifade edilir ve Formula 1 yarışı hafta sonu olarak isimlendirilen ve cuma günü başlayıp pazar günü tamamlanan etkinlik programı boyunca gerçekleştirilir. Cuma günü gerçekleştirilen iki serbest antrenman seansında takımlar, araçlarının pist şartlarına uyumunu test eder ve ayarlamalar yapar. Antrenmanlar sırasında takımlar istedikleri lastikleri kullanmakta ve araçlara istedikleri ayarları yapmakta serbesttir. Cumartesi günü son serbest antrenman ve ardından araçların pazar günkü yarışa hangi sıradan başlayacaklarını belirleyen sıralama turları gerçekleştirilir. Sıralama turları Q1, Q2 ve Q3 olarak adlandırılan üç aşamada gerçekleştirilir. Sürücüler pisti tamamlama sürelerine göre sıralanır. Q1'de en yavaş beş sürücü, Q2'de ise kalan sürücüler arasında en yavaş beş sürücü elenir. Q3'te yaptıkları en hızlı pist derecelerine göre kalan on sürücünün yarışa hangi pozisyonda başlayacağı belli olur. Yarış günü ise pilotlar, toplamda yaklaşık 300 km mesafe katedilecek veya en fazla 2 saat sürecek bir mücadeleye çıkar. Bazı pistlerde sprint yarış denilen 20 turluk mini bir yarış da yapılır. Takım ve sürücü puanlamalarını etkileyen bu mini yarışlar sayesinde yarış hafta sonunun biraz daha heyecanlı geçmesi hedeflenir.

Yarış sürecinde ekipler, araçtan elde edilen verilerin değerlendirilmek üzere yarış mühendislerine aktarıldığı sistem olan telemetre verilerine göre anlık stratejik kararlar alır. Hava durumu, lastik aşınması, rakiplerin hem şampiyona hem de yarış sıralamasındaki pozisyonu ve yakıt tüketimi gibi faktörler göz önünde bulundurularak pit stop stratejileri şekillendirilir.

Teknoloji açısından bakıldığında, bir Formula 1 aracı gerçek zamanlı olarak 1.500 farklı parametre hakkında saniyede

Bill Cheyrou Alamy

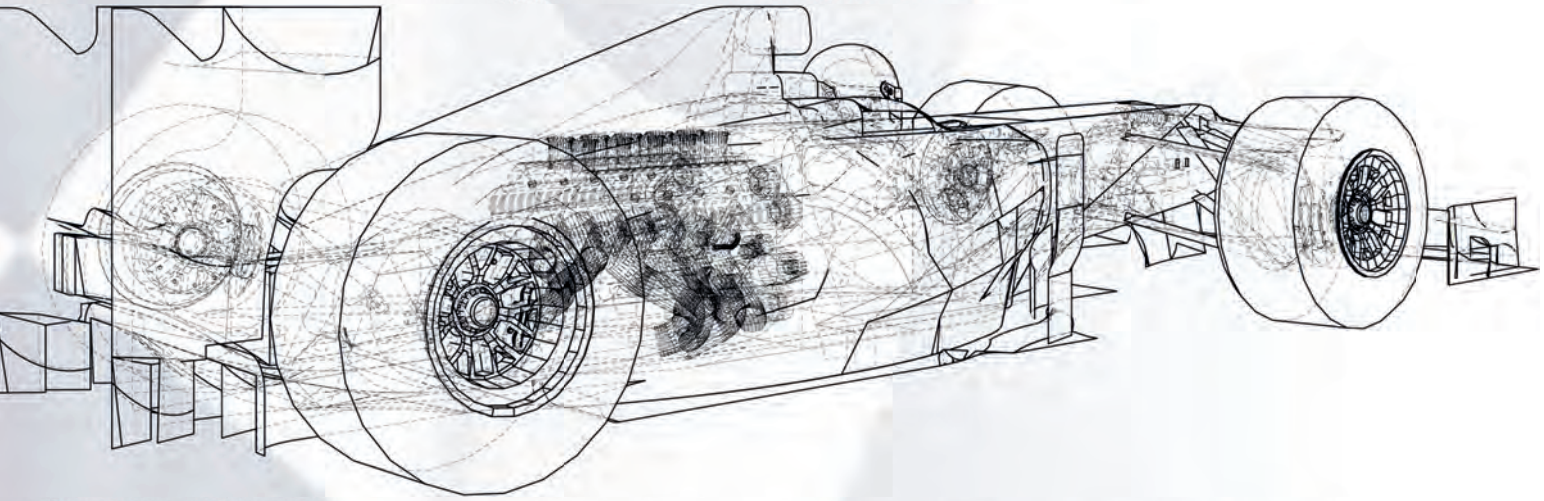
Andrey Sevostianov / Alamy

Pit stop, araçların yarış sırasında pit alanı olarak isimlendirilen servis bölgesine gelerek lastiklerinin değiştirildiği ve araçta bazı küçük ayarlamaların yapıldığı birkaç saniye süren bakım molalarıdır.

500 megabaytı aşan veri üretir. Bu veriler, pistteki takım garajına ve pistin binlerce kilometre uzağındaki ana takım merkezine anlık olarak iletilir ve buralardaki uzman ekipler, mühendisler ve strateji uzmanları tarafından analiz edilir. Yarış sırasında alınan kararlar, milisaniyeler içinde sürücülere iletilebilir. Modern Formula 1 takımları, yapay zekâ ve makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak rakiplerinin stratejilerini tahmin etmeye çalışır ve yarış simülasyonları üzerinden en uygun pit stop zamanlamasını hesaplar. Bu açıdan Formula 1, sadece bir yarış değil, aynı zamanda ileri düzey bir veri bilimi laboratuvarı olarak da değerlendirilebilir.

2025 Formula 1 Sezonunda Yeni Kurallar ve Teknolojik İlerlemeler

Formula 1'de maliyetlerin azaltılarak sağlıklı bir rekabet ortamı oluşturması, çevre dostu teknolojiler ile sürdürülebilirliğin desteklenmesi ve güvenliğin artırılması amacıyla 2022'de kapsamlı bir teknik değişim süreci başlatılmıştı. FIA'daki kural koyucular 2025'te de bu hedeflere yaklaşmak amacıyla bazı düzenlemeler yaptı. Bu bölümde aerodinamikten sportif yönetmeliklere kadar başlıca kural değişikliklerini özetliyoruz.



PA Images / Alamy

Aerodinamik Kurallar

2025'te aerodinamik kurallar, 2022'de tanıtılan ve yer etkisi olarak isimlendirilen aerodinamik olgu temel alınarak geliştirildi. Amaç, arkadaki aracın önündeki aracı, türbülansından daha az etkilenerek daha yakından takip edebilmesi ve yüksek hızda daha kararlı olması. Yer etkisinde, havanın aracın altından üstüne göre daha hızlı akması sağlanarak aracın altı ve üstü arasında bir basınç farkı oluşturulur. Bu basınç farkı, araca zemine doğru bir kuvvetin (yere basma kuvveti olarak isimlendirilir) etki etmesine neden olur. Bu sayede Formula 1 araçları yere daha iyi tutunabilir. Formula 1 araçlarında bu etkinin kullanımı 1982 yılında yasaklanmış ancak 2022 yılındaki yeni düzenlemelerle, araç tabanının yer etkisi oluşturacak şekilde tasarlanmasına tekrar izin verilmişti.

Bu kapsamda 2025'te öne çıkan aerodinamik değişiklikler şöyle:

▶ Zemin (Taban) Tasarımı Düzenlemeleri: Araç tabanında yapılan revizyonlarla yer etkisi oluşturan aerodinamik tasarımların kontrollü hâle getirilmesi hedefleniyor. Bu sayede özellikle yüksek hızda dönülen virajlarda araca etki eden yere basma kuvvetinin etkisiyle araç daha dengeli hâle gelebilecek. Bu aerodinamik değişikliklerle, 2022'de yaşanan ve yere basma kuvvetindeki ani değişimlerin araçlar üzerinde neden olduğu "zıplama" sorununun tekrar etmemesi için araç tabanının altındaki hava akışı daha kontrollü olacak.

▶ Ön Kanat Profili Ayarları: Ön kanatların geometrik tasarımında yapılan küçük değişikliklerle aracın arkasında oluşan türbülans yani düzensiz hava akışı azaltılmaya çalışılıyor. Formula 1'de arkadaki araç önündeki aracın oluşturduğu türbülans bölgesine girdiğinde, hava aracın etrafında düzenli akamaz ve araca etki eden sürüklenme kuvveti artar. 2025'te ön kanat tasarımında yapılan değişikliklerle hedef, takip eden aracın aerodinamik kayıplarını en aza indirerek geçişleri kolaylaştırmak.

Yedi kez Formula 1 Dünya Şampiyonu olan Lewis Hamilton'ın Mercedes takımından ayrılarak Ferrari'ye geçmesi Formula 1 dünyasında 2025'in en dikkat çeken olaylarından biri oldu.

Trinity Mirror / Mirrorpix / Alamy

► Standartlaştırılmış Aerodinamik Parçalar: Maliyetleri düşürmek ve takımlar arası performans farkını sınırlamak adına Formula 1 araçlarında bazı küçük aerodinamik parçaların standart olmasına karar verildi. Bu amaçla belirli sensör kapakları veya kanatçıkların tüm takımlarda aynı tasarıma sahip olması gibi düzenlemeler yapılıyor. Bu sayede hem Ar-Ge harcamaları azalacak hem de takımlar arasındaki teknolojik fark biraz kapanacak.

► Yeni Soğutma ve Hava Akışı Kuralları: Yan pontonlar (sidepod) ve motor soğutma kanallarının tasarımına ilişkin ek kısıtlamalar geldi. Takımlar, güç ünitesini soğutmak için gerekli hava akışını yeniden tasarlamak zorunda kalacak. Bu değişiklik, bazı yenilikçi soğutma çözümlerinin geliştirilmesini sağlayabilir.

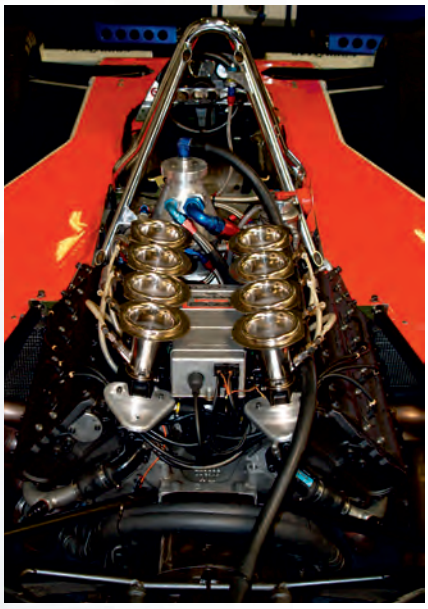
► Sürdürülebilir Malzeme Kullanımı: Formula 1'de karbon sıfır (insan kaynaklı etkinlikler nedeni ile atmosfere salınan ve soğurulan sera gazı miktarını dengeleme) hedefiyle uyumlu olarak aerodinamik parçaların üretiminde daha sürdürülebilir malzemeler kullanılması teşvik ediliyor. 2025'ten itibaren bazı parçaların geri dönüştürülmüş veya çevre dostu malzemelerden üretilmesi planlanıyor. Bu adım, sporun yeni teknolojiler geliştirilmesindeki teşvik edici gücünü çevreci çözümlere yönlendirme çabasının bir parçası.

Bu aerodinamik değişikliklerin sonucu olarak araçların birbirini yakından takip etme becerisinin daha da iyileşmesi bekleniyor. Nitekim 2022'deki büyük kural değişiklikleri, takip mesafesini (bir aracın önündeki aracı belirgin bir aerodinamik performans kaybı yaşamadan ne kadar yakından takip edebildiğini gösterir) azaltmada başarılı olmuştu. 2025 güncellemeleri ile özellikle virajlarda arkadaki aracın türbülanstan daha az etkilenmesi, bu sayede daha yakın mücadelenin mümkün olması amaçlanıyor. Ayrıca belirli parçaların ortak kullanımı, Formula 1'de yarışan araçlar arasında daha dengeli bir performans dağılımı sağlayabilir.

Güç Üniteleri Kuralları

2025 sezonunda motor ve güç ünitesi kurallarında radikal bir değişiklik yapılmadı. Zira 2026'da önemli bir motor düzenlemesi yürürlüğe girecek. 2025'te araçlardaki mevcut hibrit güç üniteleri aynı teknik yapı ile kullanılmaya devam ediyor. Şu an araçlarda 1,6 litre V6 turbo motor, enerji geri kazanım sistemleri (MGU-K ve MGU-H) ve 2022'den beri kullanılan %10 etanol karışımlı yakıt (E10) formülü kullanılıyor. Ancak 2025 için dikkat edilmesi gereken bazı noktalar mevcut:

► Motor Parça Limitleri: Formula 1 tarihinde en yüksek yarış sayısına sahip sezonlardan biri olması nedeniyle 2025'te sürücü başına izin verilen motor bileşeni sayıları güncellendi. 2025'te her bir pilot en fazla 4 adet içten yanmalı



Mike Oblade / Alamy

motor, 4 turbo sistemi ve 4'er adet MGU-H ve MGU-K enerji geri kazanım sistemi kullanabilirken en fazla 2 adet enerji depolama birimi ve 2 adet elektronik kontrol ünitesinin kullanılmasına izin verilecek. Bu limitlerin aşılması durumunda, sürücülerin yarışa başlangıç sırasının düşürülmesine yönelik ceza uygulamasına devam edilecek. Takımlar, 24 yarıştan oluşan 2025 sezonunda bu sınırlamalara uymak için motor ömrünü dikkatlice yönetmek durumunda.

► Geliştirme Çalışmalarının Dondurulması: 2025'te motorun performansını geliştirmeye yönelik çalışmalar dondurulmuş durumda. 2022'de getirilen, motor homologasyonu olarak isimlendirilen ve motor yapısının sezon boyunca değiştirilmesini önleyen bu kural gereği üreticiler, 2025 sonuna kadar güç ünitesinde performans arttırıcı değişiklik yapamıyor. Yalnızca güvenlik veya maliyet amacıyla gerçekleştirilen iyileştirmelere FIA onayıyla izin veriliyor. Bu durum, tüm markaların 2026'daki yeni motor çağına odaklanmasını teşvik etmeyi amaçlıyor.

► Yakıt ve Hibrit Sistem: 2025'te yakıt düzenlemeleri büyük ölçüde aynı kalacak. Takımların yarış başına kullanabilecekleri yakıt miktarı maksimum 110 kilogram. Yakıt akışı sensörleri de motorların saatte maksimum 100 kg yakıt harcama sınırını denetlemeye devam ediyor. Bu sıkı kısıtlamalar, hibrit sistemlerin verimli kullanımını kritik hâle getiriyor. Mevcut hibrit güç üniteleri, yakıttaki enerjinin %50'den fazlasını işe çevirebilen çok yüksek termal verimliliğe ulaşmış durumda. Karşılaştırmak gerekirse eski nesil atmosferik motorlar %30 civarı verimliliğe sahipti. Günümüzde Formula 1 araçlarında kullanılan motorlardaki yüksek verimlilik sayesinde 2025 araçları daha az yakıtla yarış mesafesini tamamlayabiliyor. Bu sayede farklı yakıt tasarruf yöntemlerine daha az ihtiyaç duyulması hedefleniyor.

paul kennedy / Alamy

Takımlar 2026 için geliştirilecek yeni nesil güç ünitelerine yönelik kaynak planlamalarını yapmaya başladı. 2026'da egzoz gazının sahip olduğu ısı enerjisinin elektriğe dönüştüren MGU-H sisteminin kaldırılması, %100 sürdürülebilir yakıtların kullanılmaya başlanması ve hibrit güç ünitesinde elektrik gücünün katkısının artması gibi değişimler planlandığı için 2025, bütün takımların kaynaklarını dengeli kullandığı bir yıl olacak.

Abu Dabi Grand Prix'inin yapıldığı Yas Marina Pisti

Clive Mason - Formula 1 / Contributor / Getty Images

Sürdürülebilirlik Girişimleri

Formula 1, yalnızca hız ve mühendislik değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik alanında da iddialı hedeflere sahip. 2025 sezonunda çeşitli girişimler ve kural değişiklikleriyle bu sporun karbon ayak izini azaltma çabaları hız kazanıyor:

► Net Sıfır Karbon Hedefi 2030: Formula 1 yönetimi, 2030'a kadar karbon sıfır olma taahhüdünde bulundu. Takımlardan yarış organizasyonuna, yayıncılardan tedarikçilere kadar Formula 1'deki tüm paydaşların net karbon emisyonlarını sıfıra indirmesi anlamına gelen bu hedef doğrultunda lojistikten enerji kullanımına kadar pek çok alanda önlemler alınıyor. Örneğin 2022'de Formula 1 faaliyetleri sonucunda %75'i seyahat ve taşımadan kaynaklı 223 bin ton CO_2 atmosfere salınmıştı. 2025 ve sonrasında yarış takvimi planlamalarında birbirine yakın konumlardaki yarışlar birbiri ardına düzenlenerek kıtalar arası gereksiz yolculukların azaltılması amaçlanıyor. Bu sayede takımların ve ekipmanların kıtalar arasında katettiği mesafeler kısaltılarak sera gazı emisyonları düşürülebilecek.

► Sürdürülebilir Yakıtlar: Formula 1, fosil yakıtların kullanımını sınırlandırmak için önemli bir adım atarak 2026 sezonunda %100 sürdürülebilir yakıta geçmeyi planlıyor. Biyokütleden veya sentetik yollarla üretilecek bu yakıtlar, mevcut Formula 1 motorlarında çalışabilecek şekilde tasarlanıyor. 2025 sezonunda ise bu geçişe hazırlık amacıyla çeşitli testler ve araştırmalar yapılıyor. Sezon sonunda gerçekleşecek Abu Dabi testinde, 2026 sezonu için geliştirilen lastiklerin test edilmesi için özel tasarlanan ve "mule" olarak isimlendirilen araçların yanı sıra takımların yeni yakıt formülünü de denemesi bekleniyor. Sürdürülebilir yakıt stratejisi sadece Formula 1 için değil, kara ya da hava taşımacılığında fosil yakıtlardan elektriğe kısa vadede geçmesi mümkün olmayan sektörler için de örnek olabilir.

► Yeşil Teknolojiler ve Padok Kararları: Formula 1 takımlar da kendi faaliyet alanlarında da daha çevreci olmaya başladı. Örneğin Red Bull Racing, fabrikasında atık ısı geri kazanım sistemleri kullanarak ve akıllı enerji yönetimi uygulayarak enerji verimliliğini artırdı. Mercedes ise doğrudan karbon yakalama projelerine yatırım yaparak açığa çıkan karbondioksiti atmosferden kalıcı olarak uzaklaştırmayı hedefliyor. Örneğin tarımsal atıkların yeraltında depolanması ve karbondioksidi atmosferden yakalayan teknolojilere finansman kaynağı sağlıyor. Formula 1'de padok olarak isimlendirilen ve yarış hafta sonu boyunca takımların faaliyetlerini yürüttüğü servis alanında

kullan-at plastik ürünlerin kullanımının azaltılması, geri dönüşümün teşvik edilmesi gibi küçük ama önemli adımlar da atılıyor.

► Diğer Girişimler: Formula 1 lastik ısıtma battaniyelerinin kullanımını kademeli olarak azaltma planı da sürdürülebilirlik amacıyla yürürlüğe koydu. Lastiklerin yarıştan önce ideal çalışma sıcaklığına getirilmesi için kullanılan elektrikli battaniyelerin yüksek enerji tüketimi nedeniyle 2024'te tamamen yasaklanması düşünülüyordu. Ancak güvenlik kaygılarıyla bu adım ertelendi. 2025'te FIA, uygun lastik bileşenleri geliştirildikçe bu konuyu yeniden değerlendirebilir. Ayrıca pistlere kurulan güneş panelleri, biyoyakıtla çalışan jeneratörler, sürdürülebilir etkinlik sertifikaları gibi adımlar sayesinde yarış organizasyonun daha sürdürülebilir hâle getirilmesi sağlanabilir.

David Mareuil / AA

Bütçe Sınırı ve Finansal Kurallar

Formula 1'de son yıllarda yapılan en büyük değişikliklerden biri de bütçe sınırı uygulaması oldu. 2021'de ilk defa takımların yıllık harcamalarına üst limit getiren finansal kurallar yürürlüğe girdi. Bu sayede finansal kaynaklarının büyüklüğü farklı olan takımlar arasındaki rekabetin daha dengeli hâle getirilmesi amaçlanıyor. 2025 sezonunda bu finansal düzenlemeler aynen devam etmekle birlikte ufak güncellemeler içeriyor:

► Bütçe Sınırı Miktarı: Maliyet tavan uygulaması yürürlüğe girdiğinde 2021 sezonunda takım başına 145 milyon dolar, 2022 sezonu için 140 milyon dolar ve sonraki sezonlar için 135 milyon dolarlık sınır koyulmuştu. 21 yarış için belirlenen bu maliyet sınırına, sezondaki her ek yarış için belirli miktarda artış uygulanır. Bu nedenle takviminde 24 yarış bulunan 2025 sezonu için takım başına yıllık harcama limiti yaklaşık 140 milyon dolar civarındadır.

► Kapsam ve İstisnalar: Bütçe sınırı, araç performansını doğrudan etkileyen harcamaları kapsar. Fabrika personeli, aracın tasarımı-geliştirilmesi, parça üretimi, havanın araç üzerindeki aerodinamik etkilerinin test edildiği rüzgâr tüneli ve bu amaçla gerçekleştirilen bilgisayar simülasyonlarına dayanan CFD çalışmaları bu sınır dâhilindedir. Öte yandan pilot maaşları, en yüksek ücretli üç takım çalışanının maaşları, pazarlama giderleri ve seyahat masrafları gibi kalemler maliyet tavan uygulamasının dışındadır. Ayrıca takımların motor geliştirme çalışmaları için ayrı bir harcama sınırı uygulanır. 2025'te bu finansal kurallar yerleştiği için takımlar, bütçe denetim sistemlerine alışmış durumda. FIA da sezon sonlarında harcama raporlarını inceleyip gerekirse ceza vermeye devam ediyor.

► Etkileri: Bütçe sınırı, Formula 1'de "parayla kazanma" devrini büyük ölçüde kapattı. Artık en büyük bütçeli takımlar bile sınırsız harcama yapamadıkları için orta ölçekli takımlarla aralarındaki performans farkı daraldı. 2022 ve 2023 sezonlarında bunu uygulamalı olarak gördük. Daha küçük bütçeli ekiplerin bile sürpriz bir şekilde yarışları ilk üç sırada tamamladığı yarışlar oldu. 2025'te de bu eğilimin devam etmesi ve

yarışların daha rekabetçi geçmesi bekleniyor. Büyük takımlar ise bütçe sınırı koşullarında en verimli şekilde çalışabilmek için personel yapılarını ve iş akışlarını yeniden organize etti. Örneğin Ar-Ge bölümlerinde önceliklendirme yapılıp her bir harcamanın katkıları öngörülerek projeler seçiliyor.

► Uzun Vadeli Finansal Sağlamlık: Finansal kurallar sadece rekabet dengesi için değil, takım ekonomilerinin sürdürülebilirliği için de önemli. Bütçe sınırı sayesinde takımların mali açıdan iflas noktasına gelmesi önlenmek isteniyor. Ayrıca 2026'da Formula 1'e katılması planlanan Andretti-Cadillac gibi yeni takımların bütçe sınırı sayesinde daha rekabetçi bir şekilde şampiyonaya dâhil olacağı düşünülüyor. Bu finansal disiplin Formula 1'i uzun vadede daha sağlıklı ve izleyiciler için daha ilgi çekici bir spor organizasyonu hâline getiriyor.

Sportif Kurallar

2025 sezonunda sportif kurallarda da bazı dikkat çekici değişiklikler yapıldı. Bu değişiklikler, yarış hafta sonunun formatı ve puan sistemi gibi çeşitli alanları kapsıyor ve sporun daha rekabetçi, güvenli ve heyecanlı olmasını hedefliyor:

► En Hızlı Tur Puanının Kaldırılması: 2019'dan beri uygulanan en hızlı tur puanı uygulamasında yarış içinde en hızlı turu atan ve yarışı ilk 10'da bitiren pilota +1 puan veriliyordu. Bu uygulamaya 2025'te son verildi. Geçmişte bu kural stratejik kararları etkileyerek şampiyonanın heyecanını artırsa da zaman zaman tartışmalara neden olmuştu. Örneğin yarış sonucunda puan verilen ilk 10 sıralamanın dışında olan bir araç, sırf hızlı tur atıp sıralamada puan alabilecek durumda olan sürücülerin kazanabileceği puanı almak için pit stop yapıp yeni lastiklerin sağladığı avantajı kullanabiliyordu. 2025 puan sisteminde yapılan değişiklikle sadece yarış sonunda ilk 10 sıralamada yer alan sürücüler puan alabilecek. Bu değişiklik, şampiyonluk mücadelesinde puan hesaplarını biraz basitleştirse de yukarıdaki örnekteki gibi yapay durumların önüne geçiyor.

► Aşırı Sıcaklarda Zorunlu Soğutma Sistemi: 2025 sportif yönetmelikleri, pilot sağlığını korumak adına "ısı tehlikesi" kavramını getirdi. Eğer yarış veya sprint günü hava sıcaklığının 31 °C'yi aşacağı öngörülürse FIA bu durumu ilan edecek ve tüm takımlar araçlarına bir sürücü soğutma sistemi takmak zorunda kalacak. Bu sistem, yangına dayanıklı özellikteki bir içliğin içinde dolaşan soğutucu sıvı ve küçük bir pompa düzeneğinden oluşuyor. Yüksek sıcaklıklarda pilotun vücut ısısını düşürmeye yarayan bu sistem, özellikle çok nemli ve hava sıcaklıklarının çok yüksek değerlere ulaştığı bölgelerde gerçekleştirilen yarışlardaki baygınlık veya ısı tükenmesi riskini azaltacak. Bu sistemin neden olduğu kütle artışı yarış sonunda araçların sahip olması gereken minimum kütle değerine eklenecek: Bu amaçla minimum kütle sınırına antrenman ve sıralamalarda +2 kg, yarış veya sprintte +5 kg ilave hakkı tanınıyor. Bu kural, 2023 Katar Grand Prix'i gibi aşırı sıcak hava koşullarında gerçekleştirilen yarışlarda pilotların yaşadığı zorlukların tekrar etmesini önlemeyi amaçlıyor.

Lewis Houghton / SPL

▶ Test ve Antrenman Sınırlamaları ile Genç Pilotlara Fırsat: Formula 1, yetenekli genç sporculara fırsat vermek amacıyla 2022'den beri sezon içinde iki defa her takımdan bir çaylak pilotu ilk antrenman seansına çıkarma kuralı getirmişti. Çaylak pilot, kariyerinde en fazla iki defa Formula 1 yarışına katılmış pilotlara verilen bir isim. 2025'te bu zorunlu çaylak seansının sayısı iki katına çıkarıldı. Artık her takım, her aracı için iki kez bir çaylak sporcuya yer vermek zorunda. Yani birinci antrenmanda toplam dört defa tecrübesiz bir pilotu yarıştıracak. Bu uygulama, genç sporcuların Formula 1'e hazırlanmak için yarıştıkları, Formula 2 ve Formula 3 gibi Formula 1'in alt serilerden gelen sürücülerin bu atmosferi deneyimlemesi ve takımlara yeteneklerini gösterebilmesi için önemli bir fırsat. Böylece takımlar, yetenekli genç sporcuları yetiştirme programlarına dâhil olan akademi pilotlarını cuma günü gerçekleştirilen birinci antrenmanlarda daha sık piste çıkarabilecek. Öte yandan yarış pilotlarının sezon içinde eski arabalarla test yapma haklarına da sınırlama geldi. Artık mevcut yarış pilotları bir takvim yılında en fazla 4 gün eski araçlarla test yapabilecek ve testler sırasında 1.000 km'lik toplam sürüş mesafesini aşamayacak. Bu kısıtlama, büyük takımların deneyimli pilotlarla test yapma avantajını sınırlandırıp kaynakları genç sürücülere kaydırmayı amaçlıyor.

▶ DRS ve Kanat Esnemesine Yönelik Yeni Sınırlamalar: 2025 teknik kuralları, arka kanat ve DRS mekanizması konusunda da daha katı düzenlemeler getirdi. Özellikle yüksek hızda arka kanadın açılarak havanın araç üzerinde oluşturduğu direncin (sürüklenme kuvveti olarak isimlendirilir) azaltmasını sağlayan DRS sistemi, yeni kurallara göre sadece tam açık veya tam kapalı konumda çalışabilecek. Yani takımların DRS sistemini kısmen açarak hava direncini azaltmaya yönelik girişimleri engellenecek. Ayrıca arka kanat boşluğu esneme testleri sıkılaştırıldı. Arka kanadın iki parçası arasındaki boşluk yüksek hızlarda, parçaların esnemesi sonucu kapanıyordu. Bu durum araca etki eden hava direncini azaltarak pistin düz kısımlarında daha yüksek hızlara ulaşılmasını sağlıyordu. Önceden 10 N kuvvetle yapılan esneme testi artık 30 N kuvvetle gerçekleştirilecek. Böylece aşırı esnek kanat tasarımları tespit edilebilecek. Benzer şekilde ön kanat uç plakalarının esnemesiyle ilgili de sezon ortasında İspanya Grand Prix'inden itibaren daha sıkı sınırlamaların yürürlüğe girmesi planlanıyor. Tüm bu önlemler, aracın hareket edebilen aerodinamik parçaları sayesinde kurallardaki boşluklardan yararlanılıp takımların avantaj sağlamasını önlemeyi amaçlıyor.

▶ Sıralama Turları ve Başlangıç Sıralaması: 2024 Brezilya Grand Prix'inde hava muhalefeti yüzünden sıralama turlarının yapılamama ihtimali ortaya çıkmış ve bu gibi durumları düzenleyen kurallarda boşluk olduğu görülmüştü. 2025'te kural kitabına, eğer sıralama hiç gerçekleştirilemezse yarışa başlangıç sıralamasının o zamana kadarki sürücüler şampiyonası puanlamasına göre belirleneceği net bir şekilde yazıldı. Henüz puanlamanın başlamadığı ilk yarışta bu olduğunda ise başlangıç sıralaması hakem kararıyla belirlenecek. Ayrıca sıralama turlarının bir bölümünde kırmızı bayrak gibi nedenlerle bazı pilotlar pistte zaman turunu tamamlayamazsa, zaman yapamamış pilotların sıralama turunun bir önceki bölümdeki derecelerine bakılarak sıralama belirlenecek. Bu düzenlemeler, belirsiz durumlarda adil bir çözüm sunmayı amaçlıyor. Sprint yarış formatı ise 2025

7 kez dünya şampiyonu olan Alman Formula 1 pilotu Michael Schumacher 2012'de yarışmayı bırakmıştı. 2013'te geçirdiği kazadan beri de bazı sağlık sorunları yaşıyor.

Gruppo Editoriale LiveMedia / Alamy

sezonunda da altı yarış hafta sonunda uygulanacak şekilde devam ediyor. Sprint yarış formatında büyük bir değişiklik olmasa da sprint yarışları Belçika Grand Prix'i gibi farklı pistlerde de gerçekleştirilecek.

▶ Sezon Sonu Testi ve 2026'ya Hazırlık: 2025 sezonunun ardından Abu Dabi'de geleneksel genç pilot testi yapılacak. Ayrıca takımlar 2026'da kullanılacak lastiklerin test edilmesi için özel bir araç çıkaracak. Her takım, 2025 sezonunda kullandığı aracını veya 2021-2024 sezonları arasındaki bir aracı 2026'ya uyarlayarak farklı teknik özelliklere sahip prototip lastikleri denemekle yükümlü olacak. Yani 2025 sonunda takımlar iki ayrı araçla test yapacak. Biri genç sürücülere ayrılacak mevcut tipte araç, diğeri ise geleceğin lastiklerini sınayan test aracı.

2025'in sportif kural değişiklikleri genel olarak Formula 1'in daha güvenli, rekabetçi ve seyir zevki yüksek bir şampiyona olmasını hedefliyor. Puanlamada kuralların kötüye kullanımlarının önüne geçilirken genç yeteneklerin önü açılıyor, ekstrem koşullara karşı önlemler alınıyor ve olası kural boşlukları dolduruluyor. Küçük gibi görünen bu düzenlemeler, sezon ilerledikçe takımların yarış stratejilerini etkileyerek hem takımların çalışma şeklini hem de biz izleyicilerin deneyimini şekillendirecek.

Formula 1 yazı serisinin ikincisinde günümüz Formula 1 araçlarını bu kadar özel kılan başlıca teknolojik özelliklerini ve son dönemdeki yenilikleri ele alacağız. ■

Ingram Publishing / Alamy

Kaynaklar

- Formula1.com – "*7 kural değişikliği (2025) gerektiğini bilmelisiniz*" (Chris Medland, 12 Şubat 2025) https://bit.ly/41PjIVg
- Formula1.com – "*2025 motor ve şanzıman ceza rehberi*" (2025) https://bit.ly/41DYcS6
- PlanetF1.com – "*Adrian Newey bütçe sınırı etkileri*" (Thomas Maher, 31 Ocak 2025) https://bit.ly/3Dvt5jJ
- ViperPerformance Blog – "*F1 2025 Aerodinamik Düzenlemeler*" (24 Şubat 2025) https://bit.ly/41QR85S
- Autosport.com – "*F1 yakıt kullanımı ve verimlilik*" (2020) https://bit.ly/4ib0z5W
- Ultralytics Blog – "*F1'de Yapay Zekâ Pit Stopları*" (Abirami Vina, 19 Nisan 2024) https://bit.ly/4idsDWj
- GPBlog.com – "*FIA yapay zekâ kararı (2025-26)*" (11 Aralık 2024) https://bit.ly/4ivMq30
- Popular Mechanics – "*F1 Bijon Tabancalarının Sırrı*" (Kasım 2023) https://bit.ly/4ib0XBq
- PlanetF1.com – "*Roll-hoop güvenlik değişiklikleri*" (2022) https://bit.ly/3FeJLwp
- Motorsport.com – "*Biyometrik eldivenler ve güvenlik ekipmanları*" https://bit.ly/3FfmtGK
- https://www.formula1.com/en/latest/article/the-beginners-guide-to-formula-3.2MvGUgXyuxlNURfEnqq0G6
- https://www.formula1.com/en/latest/article/the-2021-f1-cost-cap-explained-what-has-changed-and-why.5O1Te8udKLmkUl4PyVZtUJ?utm_source=chatgpt.com

2025 Abel Ödülü

Cebirsel Analizin Kurucularından Masaki Kashiwara'nın

İlay Çelik Sezer [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Matematik alanındaki önemli gelişmeler, bazen matematiğin farklı alanları arasında bağlantılar kurulması ya da bir alandaki yöntem ve yaklaşımların başka bir alana uygulanması sayesinde gerçekleşebiliyor. Aslında bilim tarihi bu tür etkileşimlerin matematiğin gelişiminde nasıl dönüştürücü bir rol oynadığını gösteren örneklerle dolu. Matematiğin en prestijli ödüllerinden biri olan Abel Ödülü'nün bu yılki sahibi Masaki Kashiwara'nın matematik alanına yapmış olduğu katkılar da bu örnekler arasında sayılabilir. Kashiwara "cebirsel analize ve temsil kuramına yaptığı katkılar, özellikle de D-modülleri kuramını geliştirmesi ve kristal bazlarını keşfetmesi" nedeniyle Norveç Bilim ve Edebiyat Akademisi tarafından 2025 Abel Ödülü'ne layık görüldü.

Shaumiaa Vector / iStock

Masaki Kashiwara

Matematiğin birbirinden uzak görünen dalları arasında köprüler kurmaktaki maharetiyle tanınan Kashiwara, diferansiyel denklemler gibi zor problemleri çözmek için cebirsel yaklaşımlar kullandı ve matematikte simetri gibi soyut yapıları açıklamakta kullanılan temsil kuramının kapsamını büyük ölçüde genişletti. Abel Komitesi Başkanı Helge Holden'in tabiriyle o, "geometriye, cebire ve analize ait araçları birleştirerek yeni anlayışlara ve bileşimlere ulaşma konusunda bir usta"...

Masaki Kashiwara 1947'de Tokyo'ya yakın bir şehirde doğdu. Matematiğe olan ilgisini, Japonya'da ilköğretim matematik eğitiminde geleneksel olarak kullanılan "tsurukamezan" sorularıyla uğraşırken keşfetti. Bu sorularda turnalarla kaplumbağaların sayılarının doğru olarak hesaplanması istenir. Örneğin kafaların sayısı "x" ve ayakların sayısı "y" olsun. Kaç turna ve kaç kaplumbağa vardır? Küçük Masaki, bu problemi cebirsel yöntemlerle çözmekten hoşlanıyordu. Tıpkı şu örnekteki gibi: Her bir turnanın iki, her bir kaplumbağanın ise dört ayağı vardır. Turnaların (t) ve kaplumbağaların (k) sayısını hesaplamak için şu denklemlerin çözülmesi gerekir: $2t + 4k = y$ ve $t + k = x$. Örneğin 16 ayak ve 5 kafa görünüyorsa bu durumda 2 turna ve 3 kaplumbağa var demektir.

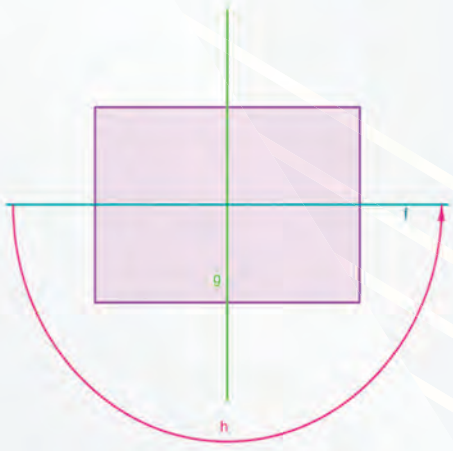
Bu tür sorulara ilişkin genellemeler yapmaktan hoşlandığını fark eden Kashiwara, eğitim aldığı tüm okullarda yüksek başarı gösterdi. Tokyo Üniversitesindeki hocası matematikçi Mikio Sato'yla tanıştıktan sonra da kendini bu tür problemlerin çözümlerine adadı. Aslında Kashiwara tam da doğru zamanda doğru yerdeydi çünkü Sato ve çalışma arkadaşları o sıralar matematiğin iki ayrı alanı olan analizi ve cebiri birleştiren tamamen yeni bir matematik dalı geliştiriyordu: Cebirsel analiz…

Abel Ödülü

Abel Ödülü, matematik alanındaki üstün katkıları onurlandırmak ve tüm dünyada matematiğin saygınlığını yükseltmek amacıyla Norveç Hükûmeti tarafından 2002 yılında oluşturuldu. Ünlü Norveçli matematikçi Niels Henrik Abel'in adını taşıyan ödül, çeşitli alanlardaki matematik araştırmalarında dönüşüm niteliğinde etkiler gösteren çalışmaları takdir etmeyi amaçlıyor. Nobel Ödülleri'nin prestijine denk bir matematik ödülü olarak tasarlanan Abel Ödülü, kuruluşundan bu yana çalışmaları ile kuramsal ve uygulamalı matematiği derinden etkileyen öncüleri onurlandırıyor. Her yıl düzenlenen ödül törenleri kapsamında matematik alanındaki uluslararası iş birliklerini güçlendirmeye ve gelecek nesilleri matematikle ilgilenmeye teşvik etmeye katkıda bulunacak etkinlikler yapılıyor. Abel Ödülü dünyanın her yerinde matematikçileri motive etmeye devam ediyor.

Simetriler

Kashiwara'nın aralarında bağlantı kurduğu alanlarla ilgili biraz fikir edinebilmek için simetri kavramına bakmakta fayda var. Bir yapıya uygulanan döndürme, öteleme, yansıma gibi dönüşümler sonucu yapının kendisi ile çakışması simetri olarak tanımlanır. Simetrileri genellikle görsel olarak hayal ederiz. Tıpkı bir şekli değiştirmeyen dönüşümlerde olduğu gibi. Bir örnek vermek gerekirse bir dikdörtgenin dikey ya da yatay eksenine göre ayna görüntüsünü alırsak ya da dikdörtgeni 180 derece çevirirsek dikdörtgenin görünümünde bir değişiklik olmaz. Kare olmayan bir dikdörtgen için bu dönüşümler hiçbir müdahalede bulunmama şeklindeki dönüşümle birlikte dikdörtgenin simetrilerini oluşturur.



Kare olmayan bir dikdörtgenin simetrileri: Bir dikdörtgenin dikey (yeşil) ya da yatay (mavi) eksenine göre ayna görüntüsünü alırsak ya da dikdörtgeni 180 derece döndürürsek, dikdörtgenin görünümünde bir değişiklik olmaz. Tüm bu dönüşümler, hiçbir müdahalede bulunmama şeklindeki dönüşümle birlikte dikdörtgenin simetrileridir.

Bu simetriler, bütün olarak ele alındığında kendine yeten bir sistem oluşturur. Yani bir simetrinin ardından başka bir simetri uygulandığında sonuçta yine bir simetri elde edilir. Örneğin dikdörtgenin önce yatay eksene göre sonra da dikey eksene göre ayna görüntüsünü almak, dikdörtgeni 180 derece döndürmeye karşılık gelir: Köşeleri işaretleyip işaretlerin her dönüşümden sonra hangi konuma geldiğini izleyerek bunu görebiliriz. Bu simetrilerin oluşturduğu koleksiyona ait her bir simetri geri de alınabilir. Örneğin tek bir simetriyi üst üste iki kez uygulamak, dikdörtgendeki tüm noktaları başlangıçtaki konumuna getirir.

Simetri koleksiyonunun sahip olduğu bu özellik, bu koleksiyonun matematikçilerin adlandırmasıyla bir grup olduğunu gösterir.

Dikdörtgene art arda simetriler uygularken elde edilen sonuçları takip etmek zahmetli olabilir. Ancak bunun için aşağıdaki gibi basit bir tablo kullanılabilir. Ayna görüntüsü alma işlemlerinin g ve f, döndürme işleminin ise h harfiyle gösterildiği sol sütundaki şekilde, f ve g işlemleri art arda uygulandığında elde edilecek simetri, tablodaki f satırı ve g sütununun kesişiminde yer alan hücrede yer alan h yani 180 derece döndürme işlemidir.

	e	**f**	**g**	**h**
e	e	f	g	h
f	f	e	h	g
g	g	h	e	f
h	h	g	f	e

Bu tablodaki harfler dikdörtgenin, soldaki grafikte gösterilen simetrilerini temsil ediyor. "e" harfi hiçbir müdahalede bulunmama şeklindeki simetriyi gösteriyor.

Geometrik simetriye sahip olmayan ancak yine de gruplar oluşturan matematiksel nesneler bulmak mümkündür. Bunun örneklerinden biri matrislerdir. Matrisler, sayıların satırlar ve sütunlar biçiminde dizildiği yapılar olarak tanımlanabilir. Bir matrisin başka bir matrisle çarpımının sonucu yine bir matristir. Bu tür bir koleksiyondaki her bir ögeye bir harf atamamız durumunda, tam olarak bir dikdörtgenin simetri grubundan elde ettiğimize benzer bir tablo elde ederiz.

Bu da soyutlama yapabilmek için harika bir fırsat sunar. Grupları belirli nesnelerden oluşan bir koleksiyon olarak değil, harflerden oluşan bir

tablonun betimlediği şekilde, belirli kurallara göre etkileşime giren soyut nesneler koleksiyonu olarak düşünebiliriz. Bir grubu tanımlayan, o grubu oluşturan nesnelerin doğası (somut ya da soyut oluşu) değil onların nasıl etkileştikleridir.

Grupları bu şekilde ele almak, soyut bir yaklaşımdır ve yapmakta olduğumuz şey artık soyut cebirdir. İncelediğimiz şey soyut nesnelerden oluşan koleksiyonların yapılarıdır. Başka tür yapılara sahip başka tür koleksiyonlar da vardır. Örneğin koleksiyonumuz tam sayılar kümesi ve kuralımız toplama işlemi ise, bu yapı bir grup oluşturur. Bu yapıya bir de ikinci bir kural olarak çarpma işlemini eklediğimizde, çarpma ve toplama işlemleriyle birlikte tam sayılar kümesi, "halka" adını verdiğimiz başka bir cebirsel yapıya dönüşür.

Bu tür bir soyutlama ise gücünü şundan alıyor: Nesnelerin soyut koleksiyonları hakkında bir bilgiye sahipseniz, bu bilgi bu koleksiyonların kapsadığı herhangi bir somut nesne koleksiyonu (örneğin şekillerin simetrileri, matrisler ya da bu şablona uyan başka yapılar) için de geçerli olacaktır.

Abel Ödülü'nü kazanan ilk Japon matematikçi olan Kashiwara, *Nature* dergisine verdiği röportajda ödülü kazandığını sürprizli bir şekilde öğrendiğini, çevrim içi bir toplantıya davet edildiğini ve toplantının konusunu bilmediğini söylüyor.

"Kashiwara, yetmişten fazla matematikçiyle ortak çalışmalar yapmış olan son derece üretken bir matematikçi. Elli yılı aşkın bir süre içinde cebirsel analizi ve farklı yönleriyle temsil kuramını yeniden şekillendirerek önemli ölçüde zenginleştirdi. Çalışmaları çağdaş matematiğin ön saflarında yer almakta ve nesillere ilham vermeye devam etmektedir." Abel Ödülü'nün resmi duyurusundan…

Değişmeyen Tek Şey Değişim

Dünyada her şey hareket ya da değişim hâlindedir, hiçbir şey olduğu gibi kalmaz. Devasa dağ kütleleri hatta kıtalar bile değişim geçirir. Bu değişimler matematiksel olarak türevler yardımıyla ifade edilebilir. Öyle ki fiziğin tüm alanlarında diferansiyel denklemler adı verilen türevlere dayalı denklemler kullanılır. Diferansiyel denklemler fizikten biyolojiye, kimyadan ekonomiye ve mühendisliğe kadar matematiğin gerçek hayattaki problemlere uygulandığı hemen her durumda devreye girer. Burada karşılaşılan sorun ise bu denklemlerin hayli karmaşık olma eğilimi göstermesi hatta bu denklemlerin bazılarını çözmenin imkânsız olmasıdır.

Matematikçiler açısındansa bu karmaşıklık cezbedicidir. İşte bu yüzden de diferansiyel denklemler tek başlarına bir araştırma alanı oluşturur. Matematikçiler bu denklemleri, onları ortaya çıkaran gerçek hayat problemleriyle ilgilenmeksizin inceler. Hatta gerçek hayat problemlerine dayanmayan denklemlerle bile ilgilenirler. Bunun için kullanılan araçlar ise Calculus'ta karşılaştığımız araçlardır. Calculus, temel bilimler ya da mühendislik okuyan hemen hemen her öğrencinin aldığı temel matematik dersinin de konusudur. Calculus, değişimi anlayabilmek için sonsuz derecede küçük matematiksel büyüklüklerle, limitlerle ve buna benzer kavramlarla ilgilenir.

Matematiğin Calculus'ta kullanılan araçlara dayanak sağlayan, aynı zamanda Calculus'taki teorem ve kuralların mantıklı, doğru ve kanıtlanabilir olmasını sağlayan alanı ise analiz olarak adlandırılır.

Cebirsel Analiz

Görüldüğü gibi cebir ve analiz birbirinden hayli farklı alanlar. Cebir daha üst düzey ve soyut görünürken analiz daha ayrıntılı ve karmaşık bir imaj çiziyor. Ancak aslında bu ikisi arasında önemli bağlantılar var.

Analiz fonksiyonlar gibi matematiksel nesnelerle uğraşır. Bunun bir örneği, birikiminiz ayda 1.000 TL artmaktayken x ay sonra kazanacağınız parayı ifade eden f (x) = 1000x şeklindeki fonksiyondur.

Matematiksel nesneler olarak bakıldığında fonksiyonlar birleştirilebilir, örneğin bir fonksiyonun ardından başka bir fonksiyon uygularsak sonuç yine bir fonksiyon olur. Dolayısıyla fonksiyon koleksiyonlarını yukarıda simetri koleksiyonlarını değerlendirdiğimiz açıdan inceleyebiliriz. Bu tür koleksiyonlar gruplar ya da halkalar gibi cebirsel yapılar da oluşturabilir. Aynı durum, fonksiyonları değişim hızlarıyla ilişkilendiren diferansiyel operatörler için de geçerlidir.

Bu da cebirle analiz arasında bir bağlantı oluşturur. Cebirsel analiz alanında bu bağlantıdan yararlanılarak diferansiyel denklemleri ilgilendiren problemleri çözmek için cebir kullanılır. Matematikçiler cebirin gücünden bu bağlamda uzun süredir faydalanıyor. Ancak cebirsel analizin sistematik bir araştırma alanı olarak ortaya çıkışı Mikio Sato'nun eseri.

Sato ile Tokyo Üniversitesinde 1970'li yıllarda tanışan Kashiwara, yüksek lisans eğitimini onun danışmanlığında aldı. Henüz 23 yaşındayken tamamladığı yüksek lisans tezinde D-modülleri kuramını geliştirdi. Temelde diferansiyel denklemlerle ilişkili cebirsel yapılar olan bu nesneler, cebirsel analizin temel unsurlarından biri hâline geldi ve bunların matematiğin pek çok alanında son derece kullanışlı araçlar oldukları anlaşıldı.

D-modüllerinin matematiğe sunduğu katkılardan biri, matematikçi David Hilbert'in 1900 yılında Paris'teki Uluslararası Matematik Kongresi'nde öne sürdüğü bir problemle ilgili. Riemann-Hilbert problemi adlı bu problem, Hilbert'in yirminci yüzyılın matematik dünyasında gündem oluşturacağını tahmin ettiği 23 problemin 21.'si idi. Teknik ayrıntılara girmeden ifade etmeye çalışırsak Hilbert'in 21. problemi, belirli bazı simetrilere uyan çözümlere sahip diferansiyel denklem sistemlerinin her zaman bulunup bulunamayacağını sorguluyordu.

Problemin en basit versiyonu başka matematikçiler tarafından çözüldü. Ancak Kashiwara bu çözümleri başlangıçta Hilbert tarafından ortaya konulandan bile çok daha genellenmiş bir kapsamda kanıtlamayı ve formüle etmeyi başardı. Kashiwara, bu konuda hâlâ çalışıyor ve yeni yaklaşımlar sunmaya devam ediyor.

Trifonov_Evgeniy / iStock

Soyut Yapıların Temsili

Kashiwara'nın Riemann-Hilbert probleminden ilham alarak yaptığı çalışmalar, Abel Ödülü'yle takdir edilen temsil kuramı alanındaki çalışmalarıyla da bağlantılı.

Temsil kuramı bizi tekrar cebirdeki gruplar fikrine götürüyor. Grupların soyut elemanların koleksiyonu olarak düşünülebileceğini belirtmiştik. Bu elemanların tam olarak ne olduğunu

bilmemize gerek yoktu, grubu tanımlayan bunların birbirleriyle etkileşim biçimleriydi.

Bu soyutlama güçlü bir yaklaşım sunsa da aynı zamanda fazlaca muğlak. Bir grup üzerinde çalışırken o grubu oluşturan elemanların tam olarak ne olduklarını bilmek faydalı olabilir. Ayrıca birden fazla grup üzerinde çalışırken onları oluşturan elemanların aynı türden olup olmadığını bilmek de önemlidir. Ne de olsa elmayla armudu karşılaştıramayız.

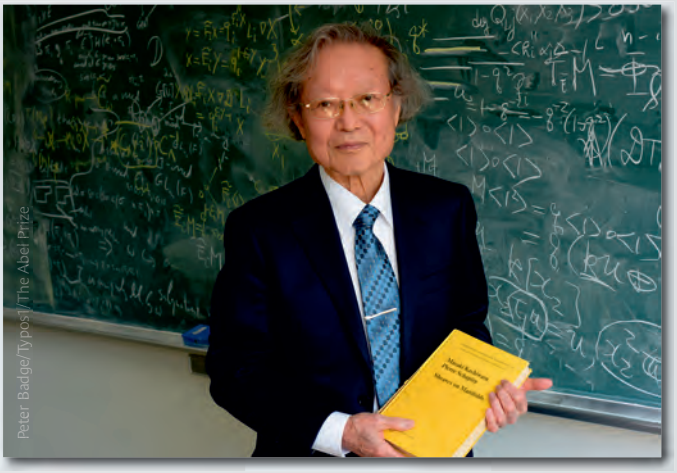
Neyse ki matematiğin doğası bu noktada matematikçilere önemli fırsatlar sunuyor. Pek çok grubun, özellikle de sonlu sayıdaki elamanlardan oluşanların daha önce de sözünü ettiğimiz matrislerden oluştuğunu düşünmek mümkündür.

Daha genel olarak elimizde soyut bir grup varsa tam olarak bu grubu oluşturacak bir matrisler koleksiyonu bulma olasılığımız hayli yüksektir. Bu da avantajları olan bir durum çünkü matrisler matematikçiler tarafından oldukça iyi anlaşılmıştır.

İşte temsil kuramı grupların ve başka cebirsel yapıların, vektör uzayları üzerinde etki gösteren matrisler olarak incelendiği araştırma alanını ifade ediyor. Vektör uzaylarını farklı boyutları temsil eden sayı doğrularının oluşturduğu kuramsal boşluklar olarak hayal edebiliriz. Örneğin tek boyutlu bir vektör uzayını ilkokulda dört işlemi görselleştirmek için kullanılan sayı doğrusu olarak, iki boyutlu vektör uzayını ise matematikte iki değişkenli fonksiyonların grafiğini çizdiğimiz X ve Y eksenlerinden oluşan düzlem olarak hayal edebiliriz. Boyut sayısı üçten fazla olan vektör uzaylarını görsel olarak hayal edemesek de matematikte bunlar da kullanılır.

Temsil kuramı, matematiğin pek çok farklı alanında faydalı olan önemli bir araştırma alanı. Kashiwara'nın D-modülleri kuramı da temsil kuramına devrim niteliğinde katkılar sağladı.

Kashiwara'nın matematiğe yine bağlantılar kurarak yaptığı katkılardan biri de, kuramsal fizik alanında ortaya çıkan bazı problemlerden esinlenerek temsil kuramında kristal bazları kavramını ortaya atmasıydı. Bu nesneler temsil kuramındaki problemlerin kombinatorik yöntemleriyle ele alınabilmesine imkân tanıyor. Kombinatorik, nesnelerin sayılması, düzenlenmesi ve eşleştirilmesiyle ilgilenen bir matematik dalı. Genellikle belirli kurallar veya kısıtlamalar altında nesneleri seçmek ve sıralamak için farklı yolları araştıran kombinatorik; olasılık, optimizasyon ve bilgisayar bilimi problemlerini çözmekte temel bir araç olarak kullanılıyor. Kashiwara'nın ortaya attığı kristal bazları kavramı, kendine ayrıca sayı kuramında ve istatistiksel fizikte de uygulama alanı buldu.


Peter Badge/Typos1/The Abel Prize

Kashiwara'nın çalışmaları, soyut düşünceye dayalı alanlarda matematiğin sınırlarını genişletti ve özellikle karmaşık yapıların anlaşılmasına yardımcı olacak güçlü yöntemler geliştirilmesine öncülük etti. Akademik yaşamı boyunca ortaya koyduğu çok sayıdaki yenilikçi fikir hem kuramsal matematikte hem de fizik gibi başka pek çok bilim dalında yeni yaklaşımlara kapı araladı. Öğrencileri ve birlikte çalıştığı bilim insanlarıyla birlikte kurduğu üretken ortam sayesinde matematik dünyasında kalıcı bir etki bıraktı. Kashiwara'nın matematiğe yaklaşımı, çalışmaları ve düşünme biçimi kendisinden sonraki nesillerin de matematiğe bakış açısını derinleştirecek ve zenginleştirecek bir miras niteliğinde… ■

Kaynaklar

https://plus.maths.org/content/abel-prize-2025
https://www.nature.com/articles/d41586-025-00949-9
https://www.scientificamerican.com/article/top-math-prize-recipient-wedded-algebra-and-calculus-to-found-a-new-field/

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer [*teknoyasam@tubitak.gov.tr*

Yapay Kalple 100 Gün Yaşam

Biyomedikal mühendisi Daniel Timms tarafından geliştirilen yapay kalp, Avustralya'da yaşayan kırklı yaşlarındaki bir hastayı kalp nakli yapılana dek 100 gün boyunca hayatta tuttu. Total yapay kalp adı verilen bu teknoloji, hastanın göğüs boşluğuna yerleştirilen ve titanyumdan üretilen bir cihazdan oluşuyor. Sistem, vücut dışında taşınan bir güç ünitesine bağlı olarak çalışıyor ve dakikada 12 litreye kadar kan pompalayabiliyor.

Cihaz, daha önce dünya genelinde kırklı ve altmışlı yaşlar arasındaki beş erkek hastaya takılmış ve hastaların hastanede devam ettirilen tedavilerinde en fazla bir ay boyunca kullanılmış, daha sonra ise hastalara kalp nakli yapılmıştı. Avustralyalı hastaya ise total yapay kalp cihazı kasım ayında altı saatlik bir ameliyat sonunda takıldı ve hasta şubat ayında hastaneden taburcu edilerek tedavisine evde devam edildi. Mart ayında ise hastaya kalp nakli yapıldı. Yani ilk defa bir hasta, total yapay kalp cihazı ile 100 gün boyunca hayatta kalmayı başardı.

BiVOCAR adı verilen cihazın organ bağışı bekleyen hastalar için kalp nakli yapılıncaya kadar kritik bir köprü görevi görmesi umuluyor. Araştırma verilerine göre dünya genelinde yaklaşık 64 milyon kalp yetmezliği hastası bulunuyor ve on binlerce kalp yetmezliği hastası kalp nakline ihtiyaç duyuyor. Total yapay kalp teknolojisi, bu hastalar umut olabilecek potansiyele sahip. ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), yapay kalp sisteminin 15 hastada daha denenmesine onay verdi.

https://bit.ly/yapay-kalp

Sanal Enerji Santralleri

Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasıyla irili ufaklı birçok güç üretim birimi ana enerji şebekelerine enerji sağlamaya başladı. Ancak bu birimlerdeki enerji eldesi düzenli değil. Örneğin rüzgâr türbinleri rüzgâr durduğunda devre dışı kalırken rüzgârlı havalarda civardaki tüm türbinler birlikte çalışarak bir anda tüketim kapasitesinin üzerinde elektrik üretebilir. Bu durum, şebeke için kritik olan arz-talep dengesinin bozulmasına ve şebeke frekansında sapmalara neden olabilir.

Sanal Enerji Santrali (VPP); güneş paneli, rüzgâr türbini, ev bataryaları, elektrikli araç şarj istasyonları, biyogaz tesisi gibi binlerce küçük ölçekli güç üretim ve depolama biriminin bir yazılım platformu aracılığıyla bir araya getirilerek tek bir büyük santral gibi çalışmasını sağlayan dijital bir sistem. Bu sistem sayesinde üretim ve tüketim anlık olarak dengelenebilir, şebeke güvenliği korunur ve yenilenebilir kaynaklardan daha verimli şekilde faydalanılır.

Evlerdeki akıllı cihazlar ile akıllı şebeke sistemlerini güvenli, uyumlu ve etkin bir şekilde birbirine bağlamak için geliştirilen bir standart olan IEEE 2030.5 standardına uygun olarak geliştirilen bu platformların tepki süreleri milisaniye ölçeğinde. Ayrıca 128-bit SSL şifreleme kullanarak güvenli haberleşme sağlarken endüstriyel süreçleri kontrol etmek için kullanılan SCADA (denetleyici kontrol ve veri toplama) sistemleriyle tamamen uyumlu bir şekilde çalışabiliyor. Tahmin algoritmaları sayesinde hava durumu gibi enerji elde edilmesinde dalgalanmalara neden olan etkiler değerlendirilerek enerji arzının ve talebinin dengelenmesinde %92'ye varan başarı oranları yakalanabiliyor.

Enerji kullanımının dengelenme sürecine dâhil edilmesi içinse daha karmaşık sistemlere ihtiyaç duyuluyor. Bu kapsamda enerji talebinin de yönetildiği talep yanıtı tabanlı VPP sistemleri ön plana çıkıyor. Bu sistemlerde akıllı sayaçlar ve IoT cihazları (evlerdeki internete bağlı akıllı cihazlar) aracılığıyla tüketicilerin enerji talebi de esnek bir şekilde yönetilebiliyor. Örneğin şebekede güç üretimi düştüğünde veya enerji talebi en yüksek seviyeye ulaştığında önceden belirlenen protokoller çerçevesinde enerji kullanımı en yoğun olan cihazlar (örneğin klimalar, su ısıtıcıları, endüstriyel soğutucular) geçici olarak düşük seviyede çalıştırılabiliyor veya devre dışı bırakılabiliyor. Tersine, enerji eldesinin arttığı durumlarda bazı fabrikalara ücretsiz veya çok düşük maliyetli enerji sağlanarak kapasitelerini geçici olarak artırmaları teşvik edilebiliyor. Bu çift yönlü enerji yönetim modeli, enerji eldesi ve kullanımı arasındaki dengelenmeyi eş zamanlı olarak optimize ederek tahmin başarısını %97'ye çıkarabiliyor. Enerji kaynakları çeşitlendikçe ve enerji kullanma bilinci arttıkça sanal enerji santralleri çok daha fazla önem kazanacak gibi görünüyor.

https://bit.ly/sanal-enerji

Suda Çözünebilen Plastik

Japonya'daki RIKEN araştırma merkezinden bilim insanları, kullanım sırasında dayanıklılığını koruyan ancak deniz suyunda saatler içinde parçalanabilen yeni bir plastik türü geliştirdi. Küçük molekül gruplarının, kırılması zor kovalent bağlarla birbirine bağlanması sonucu oluşan geleneksel plastiklerden farklı olarak bu yenilikçi plastikte küçük molekül birimleri birbirine zayıf tersinir bağlar ile bağlı. Yani molekül birimleri arasındaki bağlar kolayca kırılıp tekrar oluşabiliyor. Yeni yöntemde hekzametafosfat ve guanidin sülfat moleküllerinin bir araya gelmesiyle alkil-SP_2 isimli plastik oluşuyor. Normal kullanım koşullarında geleneksel plastiklerle benzer dayanıklılığa sahip olan malzeme, özellikle sodyum iyonları içeren tuzlu suya maruz kaldığında hızla parçalanıyor. Malzeme tuzlu suda çözündükten sonra büyük oranda temel bileşenlerine ayrılıyor. Araştırmacılar başlangıçta kullandıkları hekzametafosfat bileşiğinin %91'ini, guanidin sülfatın ise %82'sini yeniden elde etmeyi başardı.

Küresel ölçekte bir çevre sorunu olan plastik kirliliğini azaltma potansiyeli taşıyan bu buluş, özellikle ambalaj ve tek kullanımlık ürünler için umut vadediyor. BM Çevre Programı verilerine göre dünya çapında her yıl yaklaşık 8 milyon ton plastik atık okyanuslara karışıyor ve bunların büyük kısmı mikroplastiklere dönüşerek besin zincirlerine dâhil oluyor.

https://bit.ly/eriyen-plastik

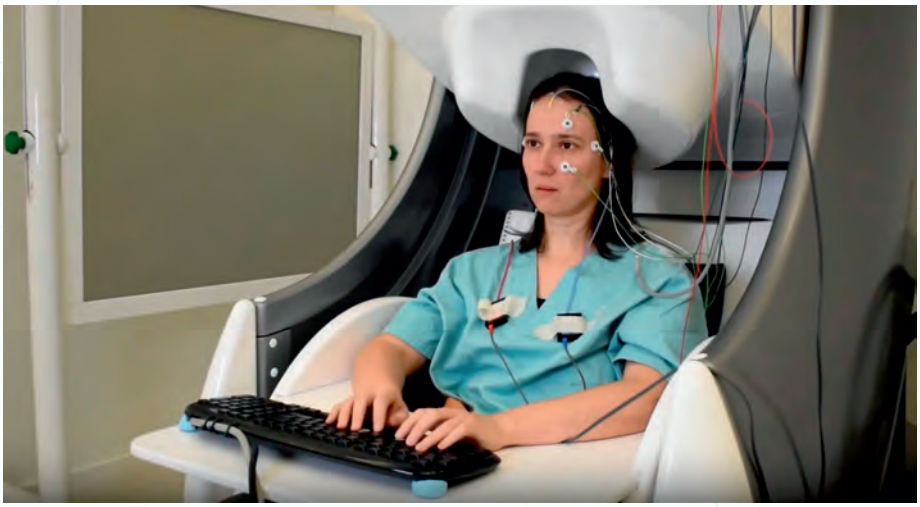
İşaret Dilini Çeviren Yüzük

Cornell Üniversitesinden araştırmacıların geliştirdiği SpellRing adındaki yüzük, Amerikan İşaret Dili'ni (ASL) gerçek zamanlı olarak metne çevirebiliyor. SpellRing, her harfin ayrı parmak hareketleriyle ifade edildiği bu işaret dilini metne dönüştürürken kullanıcının parmaklarının pozisyonlarını ve hareketlerini algılayabilen minyatür mikro-sonar sensörler kullanıyor. Bu hassas sensörler, insan kulağı tarafından duyulamayan ses dalgalarını kullanarak parmakların üç boyutlu uzayda nasıl hareket ettiğini milisaniyeler içinde tespit edebiliyor. Bu bilgiler akıllı telefon veya bilgisayar aracılığıyla metne dönüştürülüyor.

SpellRing, işaret dilini gerçek zamanlı olarak çevirebilen ilk giyilebilir cihaz olmasa da kompakt tasarımı sayesinde pratik bir aksesuar gibi kullanılabilmesi ve işaret dilini yüksek doğrulukla metne dönüştürmesiyle bir ilk olma özelliği taşıyor. SpellRing, Amerikan İşaret Dili alfabesindeki 26 harfi %82-92 doğrulukla tespit edebiliyor. Sistemin gelecekte kelimeleri ve cümleleri doğrudan çevirecek şekilde geliştirilmesi planlanıyor. Bu sayede işitme engelliler bir tercümana veya not defterine ihtiyaç duymadan iletişim kurabilir. Kamera tabanlı işaret dili uygulamaları özellikle mahremiyet kaygılarıyla pek tercih edilmiyor. 2026'da ticari olarak piyasaya sürülmesi hedeflenen SpellRing bu açıdan önemli bir avantaj sunuyor.

https://bit.ly/i-yuzuk

Beyin Dalgalarıyla Konuşma Teknolojileri Gelişiyor



Meta'nın nörobilim ekibi, kafanın dışına yerleştirilen bir manyetik beyin görüntüleme başlığı (MEG) ile kişinin düşüncelerini yazılı cümlelere dönüştürebilen bir sistem geliştirdi. Sistem, beynin dil işleme merkezlerindeki elektriksel aktiviteyi analiz ederek insanların zihinlerinden geçirdikleri cümleleri tahmin edebiliyor. En dikkat çekici olan, bu teknolojinin herhangi bir cerrahi implant gerektirmemesi ve sadece dışarıdan yerleştirilen sensörlerle çalışması.

Çalışmada, MEG cihazına bağlanan katılımcılardan zihinlerinde belirli cümleler oluşturmaları istendi. Sistemin katılımcıların düşüncelerini çözümleyerek ortalama %68 doğrulukla yazıya dökebildiği belirlendi. Bazı katılımcılarda bu oran %81'e kadar yükseldi. Algoritma somut kavramları içeren cümlelerde daha başarılıyken soyut düşünceleri çözümlemekte zorlanıyor.

Yakın zamanda bu teknoloji, felçli veya konuşma yeteneğini kaybetmiş kişilere, zihinlerinden geçirdikleri mesajları doğrudan bir bilgisayar ekranına iletme imkânı sağlayabilir. Bu tür bir iletişim çözümü, ALS hastaları veya inme geçiren bireyler gibi konuşma ve yazma yeteneğini kaybetmiş kişilerin hayat kalitelerini büyük oranda artırabilir.

Diğer taraftan bu teknoloji zihinsel mahremiyet konusunda etik soruları da beraberinde getiriyor. Araştırmacılar, sistemin şu aşamada sadece kişinin bilinçli olarak oluşturduğu düşünceleri çözümleyebildiğini, istem dışı veya bilinçaltı düşünceleri okuyamadığını vurguluyor. Meta, teknolojinin geliştirilerek önümüzdeki beş yıl içinde klinik uygulamalara hazır hâle gelebileceğini belirtiyor.

Benzer bir çalışmada Berkeley Üniversitesinden araştırmacılar, 2005 yılında geçirdiği inme nedeniyle konuşma yeteneğini kaybeden bir hastanın düşüncelerini gerçek zamanlı olarak konuşmaya dönüştürmeyi başardı. Beyne yerleştirilen elektrot implantlarının kullanıldığı sistem, 1.024 kelimeyle oluşturulan 12.379 cümlelik sette dakikada 47,5 kelime ve 50 kısa ifadeden oluşan sette dakikada 91 kelimeyi %99 doğrulukla üretebiliyor. Meta'nın invaziv olmayan yönteminden farklı olarak cerrahi müdahale gerektirse de sistem, kişinin beyninde konuşmaya yönelik ilk sinyal oluştuktan sonra bir saniye içinde ilk sesli çıktıyı üretebiliyor yani kesintisiz bir konuşma akışı sağlıyor.

https://bit.ly/dusun-yaz
https://bit.ly/beyin-implant

Dokuzuncu Gezegen

Alp Akoğlu

Bundan yaklaşık 20 yıl öncesine kadar birkaç kuşak, Güneş sisteminde dokuz gezegen olduğunu öğrenerek büyüdü: Bugün bildiğimiz sekiz gezegen ve Plüton. Bu kuşaklar için dokuz gezegenin varlığı çok önemliydi. Bilimsel bir dayanağı yoktu, daha çok duygusal bir bağdı. Büyük olasılıkla Güneş sistemiyle hatta evrenle ilgili okulda öğrendiğimiz belki de ilk bilgi olmasından kaynaklanıyordu. 2000'li yılların başlarında Plüton benzeri birçok başka gök cisminin keşfedilmesiyle Plüton'un bir gezegen olup olmadığı tartışılmaya başlandı ve 2006 yılında Plüton'un artık bir gezegen olmadığına karar verildi. Bu, birçok kişiyi hayal kırıklığına uğratan bir karar olsa da bilimsel olarak mantıklı bir açıklaması vardı ve zamanla çoğu insan bunu kabullendi. Şimdiyse yeni bir dokuzuncu gezegen bulmanın eşiğine gelmiş olabiliriz.

Ron Miller / SPL

Antik çağlarda insanlar gökyüzünde sabit duran yıldızların arasında gezinen cisimlere gezegen adını verdi. O zamanlar yedi gezegen vardı: Güneş, Ay, Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn. Bugün bildiğimiz Uranüs ve Neptün bunlar arasında yoktu çünkü çıplak gözle görünmüyorlardı. İşin ilginç yanı, o zamanlar evrenin merkezi olarak kabul edilen Dünya bile gezegen kabul edilmiyordu.

Polonyalı bir gök bilimci olan Kopernik (Nicolaus Copernicus) bu anlayışı değiştirdi. 1500'lü yılların başında Kopernik, kendisinden önceki gök bilimcilerin çalışmalarını inceleyerek, gözlemler ve matematiksel hesaplar yaparak gezegenler için devrim niteliğinde bir model oluşturdu. Bu modele göre gezegenler Dünya'nın değil, Güneş'in etrafında dolanıyorlardı. Bu, Güneş'in değil, yaşadığımız yer olan Dünya'nın bir gezegen olduğu anlamına geliyordu. Ay da bir gezegen değildi çünkü bir gezegenin etrafında dolanıyordu. Antik Yunan, Hindistan ve İslam dünyasından gök bilimciler zaman zaman bunu açıklamaya çalışmışlardı ancak Kopernik, Dünya'nın Güneş etrafında dolanan bir gezegen olduğunu matematiksel hesaplamalarla ortaya koyan ve bu bilgiyi geniş bir kitleye ulaştırabilen ilk kişi oldu.

Kopernik, daha önce gezegen kabul edilen bazı gök cisimlerini gezegen kulübünden atan ilk kişiydi. Bu arada yeni bir gezegen keşfettiğini de söyleyebiliriz: Dünya gezegenini! Daha sonra İtalyan gökbilimci Galileo Galilei teleskobunu kullanarak Kopernik'in Güneş merkezli modelini destekleyen somut gözlemsel kanıtlar sundu. Galileo'nun çalışmaları, modern gök biliminin temel taşlarını oluşturdu ve bilimsel gelişimini hızlandırdı.

1781 yılında İngiliz gökbilimci William Herschel, teleskopla gökyüzünü incelerken sıradan bir yıldız gibi görünen ancak zamanla yer değiştiren bir cisim fark etti ve bunun yeni bir gezegen olabileceğini düşündü. Daha önce de gözlemlenmiş olmasına karşın sabit bir yıldız sanılan bu cisim, detaylı incelemeler sonucunda Güneş sistemindeki yedinci gezegen Uranüs olarak tanımlandı. Uranüs, teleskop kullanılarak keşfedilen ilk gezegen oldu.

Bu resimde William Herschel ve kız kardeşi Caroline Herschel, 1781'de Uranüs'ün keşfini sağlayan gözlemleri yaparken görünüyor. Camille Flammarion'un "Popular Astronomy" (1880) adlı eserinden.

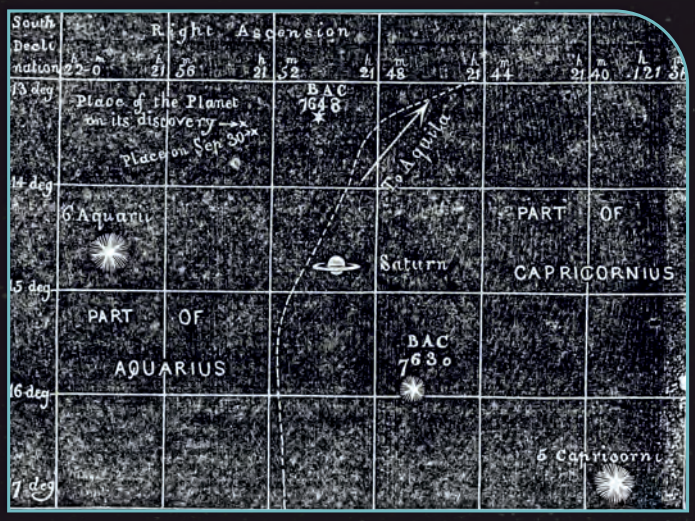
1801 yılında İtalyan gök bilimci Giuseppe Piazzi, yeni bir gezegen keşfetti. Bu gezegen çok küçüktü ve teleskobunda bir nokta gibi görünüyordu. Güneş'in etrafında, Mars ve Jüpiter arasındaki bölgede dolanıyordu. Piazzi, bu yeni gezegene Ceres adını verdi. 1802 yılında başka bir gök bilimci yine Mars ve Jüpiter arasında küçük bir gezegen olan Pallas'ı keşfetti. Ardından iki tane daha benzer gök cismi bulundu. Bunlara da Juno ve Vesta adları verildi. Ancak bu dört yeni gezegen teleskopta çok silik görünüyorlardı bu yüzden gezegen tanımını biraz değiştirdiler. Artık bir gök cisminin gezegen olarak tanımlanması için büyük

ve yuvarlak olması gerekmiyordu: Güneş'in etrafında dolanıyor olması yeterliydi. Böylece 1807'de gezegen sayısı 11'e ulaştı.

Gök bilimciler daha fazla "küçük gezegen" bulmaya devam ettiler. 1850 yılına gelindiğinde büyük ve yuvarlak gezegenlere 13 küçük gezegen daha eklenmişti: Ceres, Pallas, Juno, Vesta, Astraea, Hebe, Iris, Flora, Metis, Hygiea, Parthenope, Victoria ve Egeria.

Gezegen sayısının hızla artması nedeniyle gök cisimlerinin sınıflandırılmasında kullanılan yöntem işlevini yitirmeye başlayınca gök bilimciler, gezegen tanımının güncellenmesi gerektiğine karar verdi. Gezegenin Güneş'in etrafında dolanan büyük ve yuvarlak bir cisim olması koşulunu getirdiler. Eski küçük gezegenler yeni bir kategoride toplanmaya başladı ve bu kategoriye "asteroitler" adı verildi. Türkçede küçük gezegenler olarak da tanımlanan asteroitler, Güneş'in etrafında çoğunlukla Mars ve Jüpiter arasındaki bölgede dolanan, kayaç ve metalden oluşan küçük cisimlerdir. Bugün Güneş sisteminde bir milyondan fazla asteroit keşfedilmiş durumda.

1840'larda Urbain Le Verrier ve John Couch Adams adlı iki matematikçi, birbirlerinden bağımsız olarak Uranüs'ün hareketini inceliyordu. Uranüs'ün hareketini etkileyen bir şey vardı. İki bilim insanı aynı anda aynı sorunun üzerinde çalışıyordu ve sonunda aynı çözüme ulaştılar: Uranüs'ün ötesinde bir yerde kimsenin görmediği başka bir gezegen olmalıydı. Bu gizemli gezegenin kütle çekimi Uranüs'ün hareketini etkiliyordu. Le Verrier hesapları yaptı, Berlin Gözlemevine bir mektup yazdı ve gezegeni bulacakları yeri tarif etti. Le Verrier matematiğinin doğruluğundan o kadar emindi ki kendisi bir teleskopla bakmaya bile ihtiyaç duymadı. Gözlemevindeki gök bilimci Johann Galle, bu daveti merakla kabul ederek teleskobu belirtilen noktaya çevirdi ve tam da Le Verrier'in işaret ettiği yerde yeni bir gezegen gördü. Böylece Neptün keşfedildi.



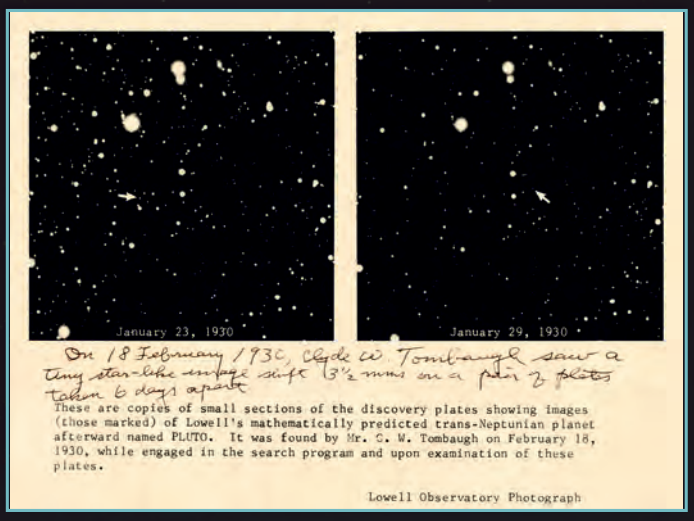
10 Ekim 1846'da *The Illustrated London News* adlı dergide yayımlanan bu görselde, daha sonra Neptün olarak adlandırılacak yeni bir gezegenin keşfi gösteriliyor. Yeni gezegenin keşfedildiği 23 Eylül'deki konumu ve 30 Eylül'de bulunduğu konum, görselin sol üstünde belirtilmiş.

X Gezegeni

Neptün'ü keşfeden insanlar bir anlamda kahraman oldu. Bunun üzerine "gezegen avcılığı" gök bilim camiasında popüler bir uğraş hâline geldi. Gezegen avcıları, Güneş'in etrafında dolanan bir gezegen daha olduğunu umarak henüz keşfedilmemiş bu cisme "X Gezegeni" adını verdi. Buradaki "X", "bilinmeyen" anlamını taşıyordu. X Gezegeni avı, ABD'deki Lowell Gözlemevinin kurucusu Percival Lowell'ın çalışmalarının ana odağı hâline geldi. Lowell, gözlemevindeki dev teleskobu kullanarak hiç durmadan gökyüzünü taradı. Lowell 1916'da öldüğünde X Gezegeni'nden hâlâ bir iz yoktu.

Lowell'in çabası Clyde Tombaugh adında genç bir gök bilimci tarafından sürdürüldü. Tombaugh özel bir teleskopla gökyüzünün tamamını dikkatle tekrar tekrar fotoğrafladı. Gökyüzünün farklı zamanlarda çekilmiş fotoğraflarında yıldızlar arasında zaman içinde yavaşça hareket eden bir gök cismi aradı. Olası bir gezegen o kadar uzakta ve yavaş hareket ediyor olmalıydı ki Tombaugh onu sadece bir gece gözlem yaparak keşfedemezdi. Konum değiştirdiğini fark etmek haftalar ya da aylar alabilirdi. Tombaugh, 14 yıllık çalışması sırasında çok sayıda yeni yıldız ve 775 asteroit keşfetti. Nihayet 1930 yılında aradığını buldu. Bir gök cismi

fotoğraftan fotoğrafa yer değiştiriyordu. Nihayet X Gezegeni keşfedilmişti. Bu gezegene Plüton adı verildi.



Detlev Van Ravenswaay / SPL

ABD'li gök bilimci Clyde Tombaugh'un (1906-1997) Plüton'u keşfetmesini sağlayan fotoğraf plakaları. Yaklaşık 7.000 saatlik çalışmanın ardından Neptün'ün yörüngesi dışında iki plakada farklı yerlerde görünen küçük bir nesne (oklarla işaretlenmiş) keşfetti ve bu nesneye Plüton adı verildi.

Başta Plüton'un Dünya gibi büyük bir gezegen olduğu sanıldı. Sonradan, 1970'li yıllarda Plüton'un yüzeyinin çok parlak olduğu anlaşıldı. Bu da boyutunun olduğundan çok daha büyük sanılmasına neden olmuştu. Gerçekte çok daha küçük olmalıydı ancak bu, onun henüz gezegenler kulübünden atılmasını gerektirmiyordu.

Gök bilimciler, 62 yıl boyunca Plüton'un türünün tek örneği olduğunu düşünmüştü ancak 1992 yıllında Plüton'un Güneş sisteminin uzak köşelerinde yalnız olmadığı keşfedildi. David Jewitt ve Jane Luu, Plüton'unkine benzer bir yörüngeye sahip ancak ondan çok daha küçük bir cisim olan QB1'i keşfetti.

California Teknoloji Enstitüsünde (Caltech) çalışan gök bilimci Mike Brown ve ekibi, 2000'li yıllarda Palomar Gözlemevindeki Samuel Oschin Teleskobunu kullanarak Kuiper Kuşağı'nda (Güneş'e 30 ila 50 astronomi birimi uzaklıktaki bölge) düzinelerce nesne keşfetti. Güneş sisteminin uzaklarında kendisine ulaşan zayıf Güneş ışığının çoğunu yansıtacak kadar parlak bir buz topu olan Makemake ve iki küçük uydusu bulunan yumurta biçimli bir gök cismi olan Haumea gibi cisimler buldular. Bu nesneler neredeyse Plüton kadar büyüktü.

5 Ocak 2005'te Brown ve ekibi Plüton'la benzer büyüklükte bir cisim buldu. Brown, bu cisme Eris adını verdi. Eris'in keşfi gök bilimcileri hararetli tartışmalara sürükledi. Eğer Plüton bir gezegense Eris ve Plüton'un yakınında bulunan ve neredeyse onun kadar büyük olan diğer cisimler de gezegen mi sayılacaktı? Eğer Eris, Makemake ve Haumea gezegen kabul edilirse, Brown tüm zamanların en önemli gezegen kâşifi olarak tarihe geçecekti. Ancak Brown hiçbir zaman bu gök cisimlerinin birer gezegen kabul edilmeleri konusunda ısrarcı olmadı.

Lynette Cook / SPL

Büyüklük karşılaştırması için yapılan bu bilgisayar canlandırmasında üç cüce gezegen (Eris, Plüton ve Ceres), 12 cüce gezegen adayı ve Plüton'un uydusu Charon, Dünya'nın yanında gösteriliyor.

Neil deGrasse Tyson ve Plüton

Neil deGrasse Tyson, Plüton'un gezegenler kulübü üyeliğinin sorgulanmasında önemli bir rol oynayan bilim insanlarından biridir. Aslında Tyson'un rolü daha çok bu konuda toplumu bilgilendirmekle ilgiliydi. Elbette bunun sonucunda tepkileri en çok çeken kişi de o oldu.

Tyson, New York'taki Hayden Planetaryumunun yöneticisi olarak müzede gezegenlerle ilgili yeni bir sergi planladı. Bu sergide Plüton, diğer sekiz gezegenle birlikte yer almıyordu çünkü Tyson Plüton'un Güneş

sistemindeki diğer gezegenlerden farklı olduğu görüşündeydi. Bunun yerine Plüton'u Kuiper Kuşağı'ndaki diğer cisimlerle birlikte sergiledi. Bu durum Plüton'un gezegen ünvanına yönelik tartışmaları ateşledi.

Yeni sergi düzenlemesi medya tarafından fark edilince büyük bir tartışma başladı. Halkın büyük bir bölümü, Plüton'un gezegen olmaktan çıkarılması fikrine karşı çıktı. İnsanlar Plüton'un ünvanını savunmak için Tyson'a mektuplar yazdı ve tepki gösterdi. Plüton'un keşfini yapan Clyde Tombaugh'un ailesi de bu duruma karşıydı.

Tyson, 2006 yılında Uluslararası Astronomi Birliği (IAU) tarafından yapılan gezegen tanımı değişikliğini ve Plüton'un cüce gezegen olarak sınıflandırılmasını destekledi. O dönemde verdiği röportajlarda Plüton'un yörüngesinin Neptün'ün yörüngesiyle kesişmesi, çok küçük olması ve birçok Kuiper Kuşağı cismiyle benzerlik göstermesi nedeniyle gezegen olarak kabul edilmemesi gerektiğini savundu.

Ellen McKnight / Alamy

Tyson, 2009 yılında Plüton'un gezegen ünvanını kaybetmesine yönelik halkın tepkisini anlatan *"The Pluto Files"* adlı kitabı yayımladı. Bu kitapta, bilim dünyasında ve halk arasında Plüton'un statüsü hakkında nasıl büyük bir duygusal bağ kurulduğunu ve bunun nasıl bir bilimsel tartışmaya dönüştüğünü anlattı.

Andriy Onufriyenko / Getty

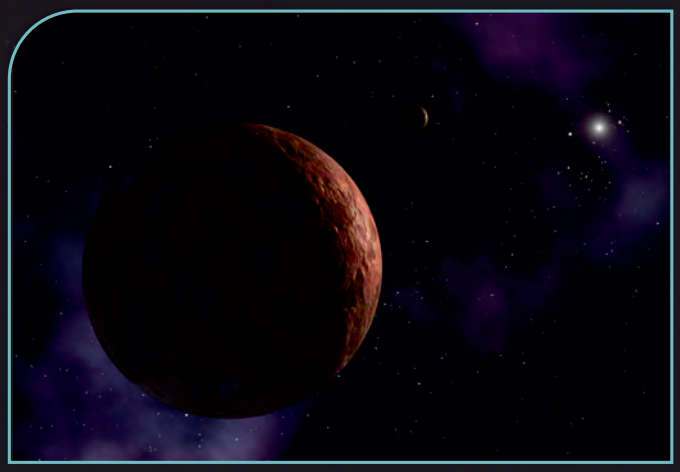
New York'taki Hayden Planetaryumunda Güneş sistemi sergisinin dışarıdan görünümü. Henüz Plüton bir gezegen olarak kabul edilirken açılan bu sergide, Plüton sekiz gezegenle birlikte yer almıyordu.

Dokuzuncu Gezegenin Dönüşü

Gök bilimciler, yaklaşık on yıldır Güneş sisteminin dış sınırlarında gizlenen varsayımsal bir dokuzuncu gezegenin izini sürüyor. Şimdiye kadar kesin bir kanıta ulaşamamış olsalar da bu gizemli dünyayı keşfetmeye her zamankinden daha yakın olabileceğimizi düşünüyorlar. Bilinen gezegenlerin çok ötesinde, Güneş'in yalnızca soluk bir yıldız gibi görüneceği kadar uzak bir noktada, büyük ve buzlu bir gezegen keşfedilmeyi bekliyor olabilir. Hatta onu bulmamız an meselesi olabilir.

X Gezegeni'nden farklı olarak "Dokuzuncu Gezegen" kavramı, 2016 yılında ortaya atılan ve Güneş sisteminin dış bölgelerinde büyük bir gezegenin varlığını öne

süren bir varsayımla ortaya çıktı. California Teknoloji Enstitüsünden gök bilimciler Konstantin Batygin ve Mike Brown, dış Güneş sisteminde Dünya'nın 1,5 katı büyüklüğünde bir gezegen olabileceğine dair kanıtlar sundukları bir araştırmayı duyurdu. Bu araştırma yine Brown ve ekibinin 2004 yılında keşfettiği Sedna'dan yola çıkıyordu.



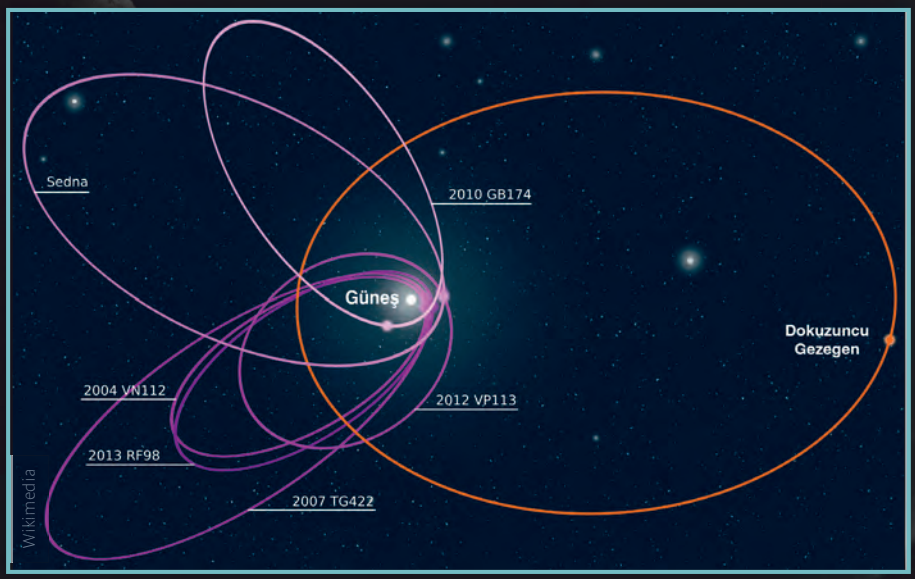
NASA

Sedna o kadar uzaktadır ki Güneş, Dünya'dan görülen büyük ve sıcak bir disk yerine yalnızca parlak bir yıldız gibi görünür. Sedna'nın görünümü hakkında bilinen tek şey, neredeyse Mars kadar kırmızı olduğudur.

Sedna, Güneş'e en yakın konumdayken bile 76 astronomi birimi uzaklıktaydı (1 astronomi birimi yani AB, Dünya ile Güneş arasındaki ortalama mesafe olan 149,6 milyon kilometreye karşılık gelir). O dönemde, Güneş sisteminde keşfedilen en uzak cisim olarak kayıtlara geçti. Aslında Sedna, Kuiper Kuşağı'nın bile ötesinde, gökyüzünde yıldızların arasında hareket eden soluk bir nokta olarak görünüyordu. Bazı gök bilimciler onu Aşırı Neptün Ötesi Cisim yani ETNO (Extreme Trans-Neptunian Object) olarak sınıflandırdı. Güneş'e olan ortalama uzaklığı 150-250 AB'den büyük olan gök cisimleri ETNO olarak sınıflandırılır. Brown'a göre Sedna, dokuzuncu gezegenin ilk ipucuydu ama o dönemde bunun farkına varılamamıştı.

2014 yılında, Mauna Kea'daki Gemini Gözlemevinden Chadwick Trujillo ile Washington, D.C.'deki Carnegie Bilim Enstitüsünden Scott S. Sheppard, Sedna ve 2012 VP113 adlı bir başka uzak nesne üzerine bir makale yayımladı. 2012 VP113, Güneş'e en yakın konumunda bile 80 AB gibi olağanüstü bir uzaklıktaydı. Sheppard, bu iki nesnenin kendine özgü bir sınıfa ait olduğunu belirtiyordu. Üstelik yörüngeleri, mevcut bilgilerle açıklanamıyordu.

Sedna, 2012 VP113 ve benzer birkaç gök cismi daha, son derece eliptik ve onları Güneş'ten çok uzak noktalara ulaştıran yörüngelere sahipti. Neptün de dâhil olmak üzere dev gezegenlerin kütle çekimi, bu kadar uzak cisimler üzerinde belirgin bir etki oluşturamazdı. Bu olağandışı yörüngeleri açıklamak için henüz göremediğimiz bir kütle çekim kaynağının var olabileceği öne sürüldü. Sheppard ve Trujillo 2014 yılında Sedna, 2012 VP113 ve diğer uzak cisimlerinin yörüngelerini etkileyen ancak henüz bilinmeyen bir başka gezegen olabileceğini dile getirdi. Onlara göre Dünya'nın iki ila beş katı kütleye sahip bir gezegen, bu nesneleri kendine çekerek zamanla yörüngelerini şekillendiriyordu.



Güneş sisteminde, yörüngeleri Neptün'ün ötesinde bulunan, bilinen en uzak altı nesnenin yörüngeleri belirli bir yönde hizalanmış durumdadır. Ayrıca bu altı nesnenin yörüngelerinin eliptikliği benzerdir ve bilinen gezegenlerin yörüngelerinin bulunduğu tutulum düzlemine göre yaklaşık aynı açıyı yapar.

Bu hipotezi test etmenin en iyi yolu, bu ETNO'lar ve yörüngeleri ile ilgili verileri Güneş sisteminin dış bölgelerini keşfetmek için kullanmaktı. Bu fikir, Brown'un ilgisini çekti. Çalışmasını California Teknoloji Enstitüsünden gök bilimci Konstantin Batygin ile paylaştı. Brown gözlemsel araştırmalara odaklanırken Batygin, teorik çalışmalar yürütüyordu.

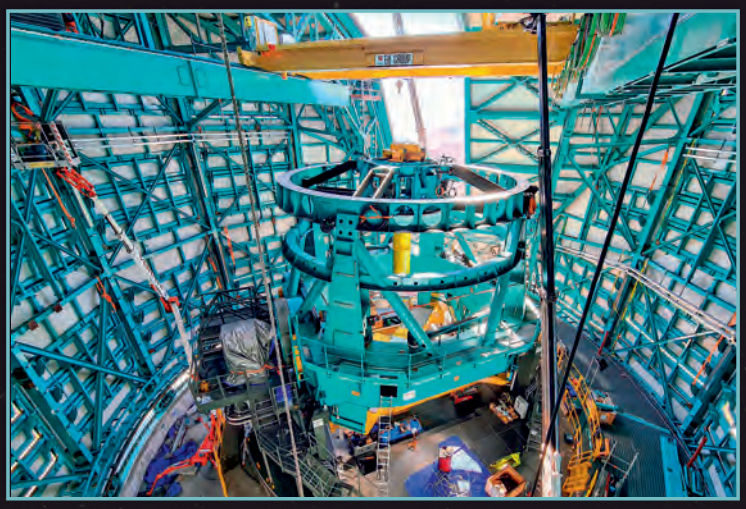
Brown ve Batygin, altı ETNO'nun yörüngelerini incelediklerinde ilginç bir örüntü fark etti. Güneş sistemindeki sekiz gezegenin yörüngeleri yaklaşık olarak daireseldi ve tutulum adı verilen, yaklaşık olarak aynı düzlemde bulunuyordu. Ancak Sedna da dâhil olmak üzere bu altı nesnenin yörüngeleri eliptikti ve tutulum düzlemine göre yaklaşık 20 derece eğimliydi. Üstelik hepsi, Güneş'e en yakın noktalarına yaklaşık aynı yerde ulaşıyordu. Henüz bilinmeyen bir kütle çekim kaynağı onların yörüngelerini etkilemiş gibiydi. Brown ve Batygin'in bilgisayar modelleri bu durumun mantıklı tek açıklamasının, Dünya'nınkinin beş ila on katı kütleye sahip ve yörüngedeki uzaklığı ortalama 500 AB olan yani Dünya ve Güneş arasındaki uzaklığın 500 katı uzaklıktaki bir yörüngede dolanan bir gezegen olduğunu gösterdi.

Bu olası gezegen belki de Güneş sisteminin ilk dönemlerinde iç bölgelerden dışarı sürüklenmiş, ancak Güneş'in kütle çekiminden tamamen kaçamamıştı. Uzak ve karanlık bir bölgede dolanırken kütle çekim etkisiyle çevresindeki gök cisimlerini belirli bir düzende yönlendiriyordu.

Gökyüzüne Yeni Bir Pencere Açılıyor

Rubin Observatory/NOIRLab/NSF/AURA/B. Quint

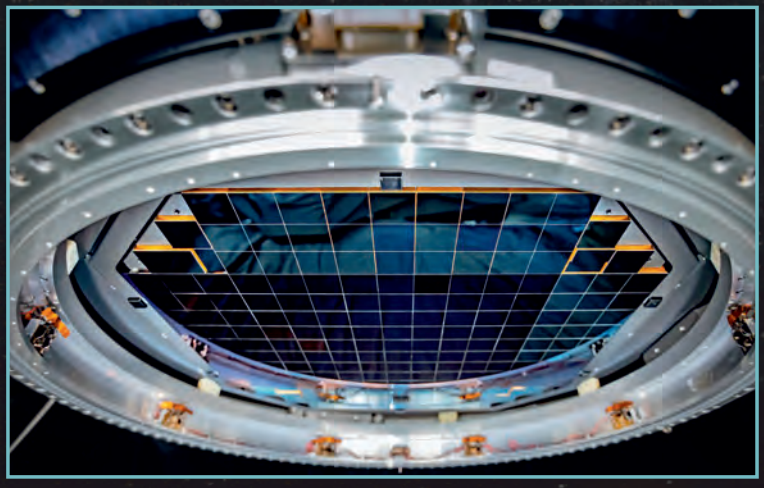
Vera C. Rubin Gözlemevinin Şili'nin kuzeyinde, Cerro Pachón Dağı'nda yer alan binası



Rubin Observatory/NSF/AURA

8,4 metre çapındaki aynaya ve geniş görüş açısına sahip Simonyi Tarama Teleskobu

Bu yıl içinde ilk ışığı alması beklenen Vera C. Rubin Gözlemevinin evrene devrim niteliğinde bir pencere açması bekleniyor. Bu gözlemevindeki devasa teleskop ve çok özel bir kamera sayesinde çevremizde hareket eden tüm gök cisimleri kayıt altına alınacak. Böylece dokuzuncu gezegen arayışı da büyük olasılıkla mutlu sona ulaşacak.



Jacqueline Orrell/SLAC National Accelerator Laboratory/NSF/DOE/ Rubin Observatory/AURA

Simonyi Tarama (Survey) Teleskobu'na bugünlerde takılan ve dünyanın en büyük dijital kamerası olarak kabul edilen 3,2 gigapiksellik dev bir CCD kameranın sensörü.

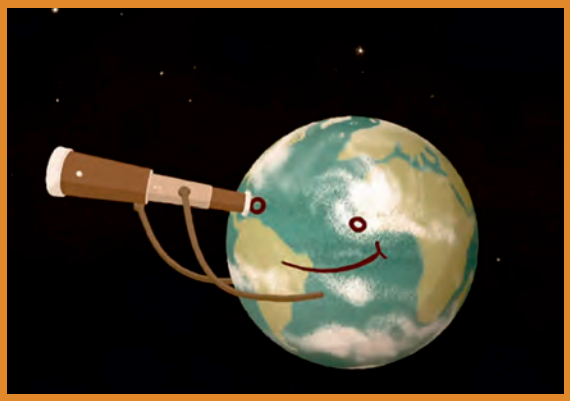
Adını, karanlık maddenin varlığına dair en önemli kanıtları sağlayan gök bilimci Vera C. Rubin'den alan gözlemevi, Şili'nin kuzeyinde, Cerro Pachón Dağı'nda yer alıyor. Önceleri LSST (Large Synoptic Survey Telescope – Büyük Sinoptik Tarama Teleskobu) adıyla bilinen proje, yalnızca tek bir noktayı değil, tüm gökyüzünü kapsayan bir tarama gerçekleştirecek. Önümüzdeki 10 yıl boyunca gökyüzünün güney

yarım küreden görünen kısmının tamamını defalarca gözlemleyecek ve muazzam miktarda veri toplayacak. Bu gözlemevini eşsiz kılan en önemli bileşenlerden biri Simonyi Tarama Teleskobu. 8,4 metre çapındaki aynası ve geniş görüş açısıyla teleskobun gözlem yeteneği, sınırları zorlayan bir teknolojinin ürünü. Ayrıca dünyanın en büyük dijital kamerası olarak kabul edilen 3,2 gigapiksellik dev bir CCD kameraya sahip. Bu kamera, ışığın farklı dalga boylarında görüntüler yakalayarak gök bilimcilerin karanlık madde, karanlık enerji, gökada oluşumu ve Güneş sistemindeki cisimler hakkında daha fazla bilgi edinmesini sağlayacak.

Kuiper Kuşağı'nın nüfusu ve yapısı hâlâ belirsiz olsa da Rubin sayesinde büyük ölçüde aydınlatılacak. Neredeyse kırk yıl süren araştırmalarda gök bilimciler bu bölgede yaklaşık 4.000 nesne keşfetti. Rubin Gözlemevinin katkılarıyla bu sayının yaklaşık 40.000'e çıkacağı tahmin ediliyor.

Rubin, gece gökyüzünü tamamen otomatik olarak tarayacak. Araştırmacılar diğer teleskoplarda incelemek istedikleri gök cisimlerini gözlemlemek için gözlem süresi talep ederken Rubin'de buna ihtiyaç duyulmayacak. Bunun yerine her gece alınan görüntüler algoritmalar tarafından işlenecek ve bu veriler herkese açık hâle getirilecek. Dokuzuncu gezegeni arayan gök bilimciler gökyüzünde hareket eden nesnelerin bir listesini görecek. Hem önceden bilinen hem de yeni keşfedilen gök cisimlerinin yörüngeleri hassas olarak belirlenecek. Dokuzuncu gezegeni arayan araştırmacılar, yeni keşfedilen Neptün ötesi nesneleri kullanarak gezegenin varlığına dair kanıtları değerlendirecek.

Gök bilimciler önümüzdeki birkaç yıl içinde dokuzuncu gezegenin kaderinin belli olacağını düşünüyor. Eğer dokuzuncu gezegen bulunursa bu kuşkusuz yüzyılın en büyük keşiflerinden biri olacak. Belki Plüton'un gezegen ünvanının alınmasına içerleyen birçoğumuz için de Güneş sisteminin yeniden bir dokuzuncu gezegene kavuşması yüreklere su serpecek. ■



Backyard Worlds: Planet 9 Projesi

Zooniverse, dünyanın en büyük vatandaş bilimi platformlarından biri. Platform, bilim insanları ve gönüllüler arasında köprü kurarak büyük veri kümelerinin analiz edilmesine yardımcı oluyor. Bu platformda yürütülen Backyard Worlds: Planet 9 projesi, başta dokuzuncu gezegen olmak üzere Güneş sisteminin uzak bölgelerindeki gök cisimlerini keşfetmeyi amaçlıyor. NASA'nın WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) uydusunun çektiği kızılötesi görüntüleri kullanan proje, özellikle kahverengi cüceler ve soğuk gezegenler gibi genellikle görünür ışıkta tespit edilemeyen gök cisimlerini bulmaya odaklanıyor.

Bu projeye katılan gönüllüler, zaman içinde yer değiştiren cisimleri belirleyerek gök bilimcilere önemli veriler sağlıyor. Otomatik yazılımlar birçok cismi tespit edebilse de insan gözü bazı ince detayları daha iyi algılayabiliyor. Önemli bir keşif yapılması durumunda katkıda bulunanların adı bilimsel bir makalede yer alıyor. Daha fazla bilgi için aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz.

Kaynaklar

Andrews, R., G., "We May Be on the Brink of Finding the Real Planet Nine", *Scientific American*, 2024.

Batygin, K. ve Brown, M. E., "Evidence for a Distant Giant Planet in the Solar System.", *The Astronomical Journal*, Cilt 151, Sayı 22, 2016.

https://science.nasa.gov/solar-system/planet-x/

https://www.livescience.com/space/planets/planet-nine-is-the-search-for-this-elusive-world-nearly-over

https://rubinobservatory.org

Ayın Sorusu

Prof. Dr. Azer Kerimov [*bteknik@tubitak.gov.tr*
Bilkent Üniversitesi, Matematik Bölümü

Soruyu çözüp cevabı ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte bteknik@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek beş kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları'ndan bir kitap hediye edeceğiz:

Bu ay:
Şekilli Fizik Sözlüğü

Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirmeye alınmayacaktır.

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır.

bilimteknik.tubitak.gov.tr

Çiftlikteki Cücelerin Külah ve Çizme Renklerinin Belirlenmesi

99 cücenin yaşadığı bir çiftliği ziyaret eden Keloğlan zifirî karanlık bir vakitte çiftliğe varır. Keloğlanı karşılayan cüceler Keloğlan'a karşılama sırasında çiftlikteki her cücenin hem külah hem de çizme giydiğini, külahların her birinin ya kırmızı ya da beyaz renkte olduğunu, çizmelerin her birinin ise ya uzun ya da kısa olduğunu söylerler. Çok karanlık olduğunun farkında olan cüceler Keloğlan'a bir zekâ testi yaparak onun kırmızı külahlı ve uzun çizmeli, kırmızı külahlı ve kısa çizmeli, beyaz külahlı ve uzun çizmeli, beyaz külahlı ve kısa çizmeli cücelerin sayılarını belirlemesini isterler.

Kurallara göre, bu dört sayıyı belirlemek için Keloğlan cücelere birkaç soru sorabilecektir. Keloğlan cücelere ilk olarak "senin külahının rengi kırmızı mıdır?" sorusunu sorar. Bu soruya cücelerden 66 tanesi evet, 33 tanesi hayır cevabını verir. Keloğlan cücelere ikinci soru olarak "senin çizmen uzun mudur?" sorusunu sorar. Bu soruya da cücelerden 55 tanesi evet, 44 tanesi hayır cevabını verir. Çok karanlık olduğu için Keloğlan hangi cücenin hangi soruya evet veya hayır dediğini bilemiyor ve sadece her soruya verilen evet ve hayır cevaplarının sayısını hesaplayabiliyor.

İkinci soru sorulduktan sonra cüceler Keloğlan'a onun yeni soru soramayacağını söyler. Bundan sonra cüceler Keloğlan'ın bu dört sayıyı belirlemesi için ona çok önemli ek bir bilgi verir: Kırmızı külahlı ve uzun çizmeli cücelerle beyaz külahlı ve kısa çizmeli cüceler Keloğlan'ın tüm sorularına doğru cevap vermiş, bunun aksine kırmızı külahlı ve kısa çizmeli cücelerle beyaz külahlı ve uzun çizmeli cüceler Keloğlan'ın tüm sorularına yanlış cevap vermişler.

Keloğlan cücelere bu dört sayıyı belirlemek için sorduğu iki sorunun yetersiz olduğunu söyler. Buna karşılık cüceler Keloğlan'ın zekâ testini çözmesine yardım etmek amacıyla bir üçüncü soruyu cücelere sorması için ona izin verirler. Bu soru da "bir gün önce çiftlikte herhangi bir şenlik yapıldı mı?" sorusudur. Bu soruya da cücelerden 44 tanesi evet, 55 tanesi hayır cevabını verir. Fakat Keloğlan çiftliğe yeni geldiği için doğal olarak bu üçüncü sorunun doğru cevabını bilmemektedir ve cüceler de ona bir gün önce şenlik yapılıp yapılmadığı bilgisini vermezler.

Keloğlan cücelerin bu üç soruya verdikleri evet ve hayır cevaplarının sayısına dayanarak ondan istenen dört sayıyı belirleyebilir mi? Bu sayılar belirlenebiliyorsa, kırmızı külahlı ve uzun çizmeli, kırmızı külahlı ve kısa çizmeli, beyaz külahlı ve uzun çizmeli ve son olarak beyaz külahlı ve kısa çizmeli cücelerin sayıları sırasıyla kaçtır?

Merak Ettikleriniz

Mesut Erol [*merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr*

Saç ve **Tırnakların Uzama Hızı** Kişiden Kişiye Değişkenlik Gösterir mi?

Kafa derimiz üzerinde bulunan saç adını verdiğimiz kıllar, sağlıklı bir insanda ayda ortalama 1,3 santimetre uzar. El tırnaklarımızın aylık ortalama uzama hızı 3,5 milimetre iken ayak tırnaklarımızınki elimizdekilerin yaklaşık yarısı kadardır. Saç ve tırnaklarımızın uzunluğunu kontrol altında tutmak için belirlediğimiz aralıklarla onları keser ya da kestiririz. Ancak bu zaman aralıkları yaklaşık olarak eşit de olsa saç ve tırnakların uzama miktarları bireyler arasında farklılık gösterebilir. Farklılığın nedeniyse genetik özellikler ve bazı biyokimyasal süreçlerde saklı.

İçeriğinde bol miktarda keratin adındaki proteini bulunduran saç ve tırnaklarımız, deri altındaki matriks hücreleri tarafından üretilir ancak büyüme hızları ve hücresel organizasyonları bakımından birbirinden farklı yapılardır. Tırnak tabanındaki deri altında tırnağa dönüşecek hücreler, düzenli olarak bölünür ve önceden oluşmuş hücreleri tırnak yatağı boyunca iter. Saç telleri ise deri altındaki folikül adı verilen bir keseyle sarılmış kökün içinde büyür. Buradaki matriks hücrelerinden yeni saç hücreleri üretildikçe derinin yüzeyine doğru itilir. Sonra da sertleşerek canlılığını yitirir ve saç gövdesine dönüşür.

Tırnaklarımızdan farklı olarak saç tellerimizin uzama süreci dört farklı evresi olan döngüler hâlinde gerçekleşir. Büyüme, geçiş, dinlenme ve dökülme olarak adlandırılan bu evreler her folikülün ömrü boyunca 10 ila 30 kez tekrarlanır. Tüm saç köklerinde bu evreler eş zamanlı olarak gerçekleşmez. Dinlenme sonrasında dökülme evresine geçen saç tellerinden günde ortalama 100 kadarını kaybederiz ve bu foliküllerde yeni saç teli için büyüme evresi başlatılır.

Saç ve tırnakların uzamasına etki eden öncelikli faktör genetiktir. Örneğin kardeşlerin, özellikle de tek yumurta ikizlerinin tırnak uzama hızları birbirine yakındır. Yaş da saç ve tırnakların büyüme hızında oldukça etkindir. Yüksek metabolizma ve hücre bölünme hızına sahip genç bireylerde bu yapıların uzama hızları da yüksektir. Öte yandan farklılaşan hormonal değişimlerin de etkisinden söz edilebilir. Örneğin menopozda veya stres hormonu olarak da bilinen kortizolün düzeyi arttığında tırnak ve saç büyüme hızları düşerken gebelikteki hormon değişimler bu yapıların uzama hızlarını genellikle yükseltir.

Saç ve tırnaklarda keratine ek olarak su, yağ ve çeşitli mineraller gibi maddeler de bulunur. Bu nedenle beslenme de saç ve tırnakların uzama hızını ve dayanıklılığını etkiler. Örneğin demir ve çinko mineralleri bakımından yetersiz bir beslenme, büyüme evrelerini bozarak veya telleri zayıflatarak saç dökülmesine yol açabilir, tırnak kırılmasına neden olabilir.

Kaynaklar

healthline.com/health/beauty-skin-care/how-fast-do-nails-grow
medlineplus.gov/ency/article/004005.htm
theconversation.com/why-do-some-peoples-hair-and-nails-grow-quicker-than-mine-241556

Jezabel Nuarte / iStock

Neden Bazı **Metal Mutfak Malzemeleri** Mikrodalga Fırına **Konulmaz?**

Çatal ve alüminyum folyo gibi ince, sivri uçlara sahip malzemeleri mikrodalga fırına koymanın tehlikeli bir durumla sonuçlanabileceğini duymuş olabilirsiniz. Bu fırınların iç yüzeylerinin metalle kaplı olması hatta kapağındaki camı kaplayan kafesin metalden üretilmesi, mikrodalga ışınların neden her metalle aynı şekilde etkileşmedikleri sorusunu akla getirebilir. Yanıt ise metallerin elektriksel özelliklerinde gizli.

Mikrodalga fırına konan yiyecekler, magnetron ya da manyetron denilen bir vakum tüpü tarafından üretilen mikrodalga ışınları yardımıyla ısıtılır. Magnetronun ürettiği dalga boyu yaklaşık 12 cm olan mikrodalga ışınlar, fırının içindeki pişirme ya da ısıtma işleminin gerçekleştiği alana yönlendirilir.

Fırının kapağındaki metal ağ, Faraday kafesi işlevi görür. Bu ağdaki deliklerin genişliği üretilen mikrodalgaların dalga boyundan daha küçüktür. Böylece dalgaların fırının dışına çıkmasının önüne geçilmiş olur. İç bölmeye hapsedilen dalgalar doğrudan ya da cam, kâğıt ve plastik gibi malzemelerden geçerek yiyeceğe ulaşır. Bu dalgalar yiyeceklerdeki yağ, karbonhidrat ve tuz gibi maddelerce kısmen soğurulsa da en çok su molekülleriyle etkileşime girer ve onların titreşmesine neden olarak enerjisini artırır.

Metal malzemelerde serbest şekilde hareket edebilen çok sayıda elektron bulunur. Bu nedenle elektriği oldukça iyi iletirler. Mikrodalga ışınların metal malzemeyle nasıl etkileşime gireceği ise metalin kalınlığına ve şekline bağlıdır. Örneğin mikrodalga fırının iç bölmesinin duvarları kalın ve düz metalle kaplıdır. Bu yüzeylere çarpan mikrodalga ışınlar, elektronların hareket enerjisini bir miktar artırsa da yüzeyden yansıyarak iç ortama geri döner.

Elektronlardaki enerji artışı, alüminyum folyo gibi ince metallerin oldukça hızlı biçimde ısınmasına ve hatta tutuşmasına yol açabilir. Ayrıca mikrodalga

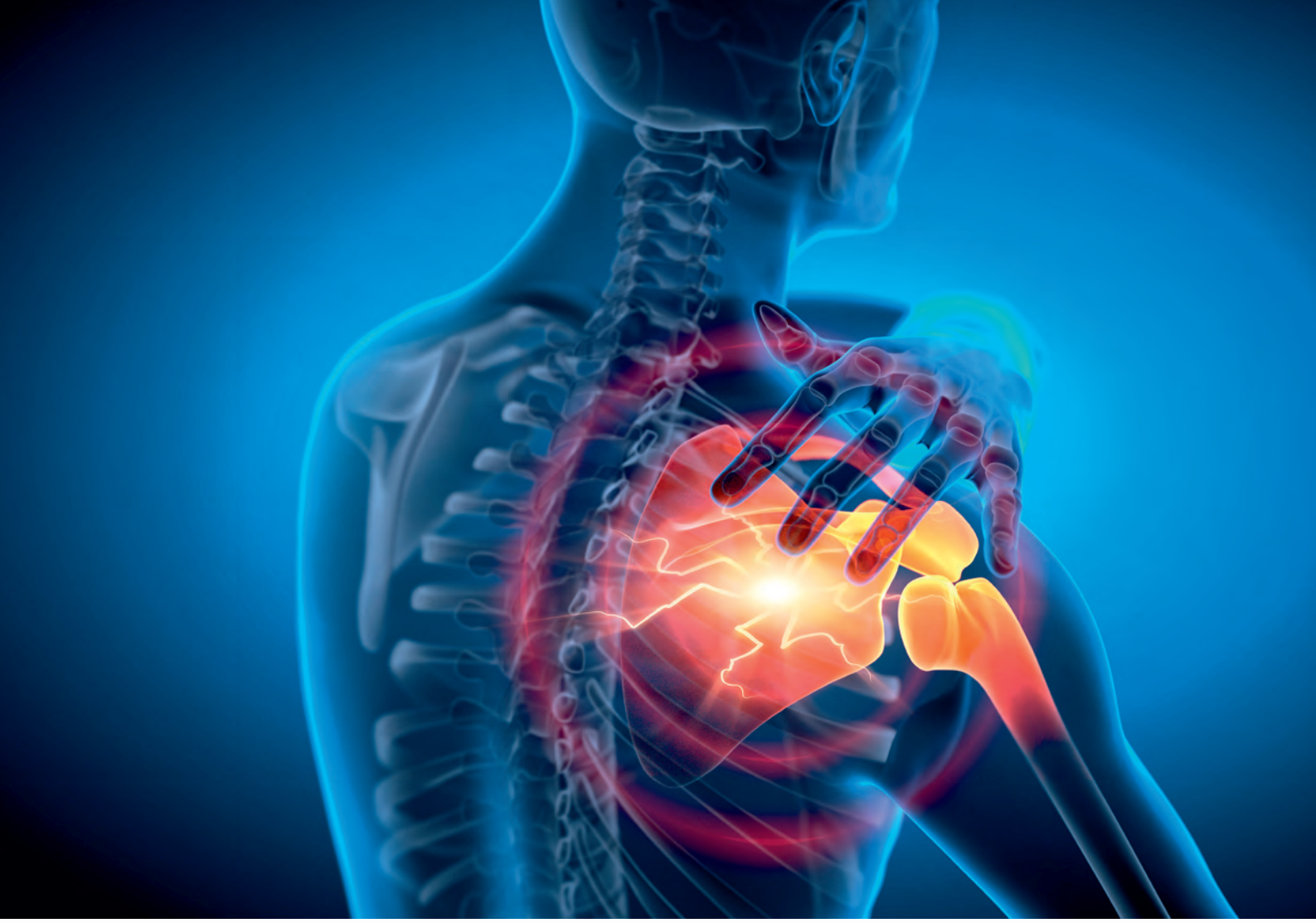
ilkermetinkursova / iStock

ışınlar çatal gibi metal malzemelerin kıvrımlı ve köşeli bölümlerinde yoğunlaşan elektrik alanların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu yük birikimi, malzemenin etrafındaki havanın iyonlaşmasını sağlayarak küçük çaplı patlamalara neden olabilir. Birikimin daha üst seviyeye çıkması ise fırının iç duvarına doğru minik bir yıldırım gibi atlayan elektrik arkı oluşumuyla sonuçlanabilir.

Diğer yandan bazı üreticiler, ince metal malzemelerin hızlıca ısınmasını bir avantaja dönüştürüyor. İşlenmiş bazı besinlerin mikrodalga fırında kullanılmak üzere hazırlanan paketleri, ince metalden bir iç katman ile metal olmayan bir dış katmandan oluşur. Böylece fırın çalıştırıldığında iç katmandaki metalle temas eden yiyecek hızlıca kızarır. ■

Kaynaklar

engineering.mit.edu/engage/ask-an-engineer/why-cant-we-put-metal-objects-in-a-microwave
livescience.com/why-metal-sparks-in-microwave.html
mentalfloss.com/article/32032/why-cant-you-put-metal-microwave



Omuz ve Dirsek Cerrahisinin İç Mimarı Prof. Dr. Gazi Huri ile Spor ve Sağlık Üzerine...

Dr. Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Prof. Dr. Gazi Huri, Hacettepe Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı ve Ortopedik Spor Cerrahi Bilim Dalı öğretim üyesi. Son bir yıldır da Katar'ın başkenti Doha'daki Aspetar Spor Yaralanmaları Hastanesinde ilk Türk ortopedi cerrahı olarak görev yapıyor. Aspetar Spor Yaralanmaları Hastanesi aynı zamanda 2009'dan itibaren FIFA Mükemmeliyet Merkezi, 2014 yılından itibaren de Uluslararası Olimpiyat Komitesi'nin (IOC) araştırma merkezi olarak faaliyet gösteriyor. 19 Mayıs Atatürk'ü Anma, Gençlik ve Spor Bayramı'nı kutladığımız bu ay, Prof. Dr. Gazi Huri ile yaptığımız söyleşide hem yaşam öyküsünü hem de sporu, spor yaralanmalarını, dijital bağımlılığın getirdiği ortopedik sorunları, sağlıklı kas ve iskelet sisteminin önemini konuştuk. Tabii gençlere tavsiyelerini de dinledik.

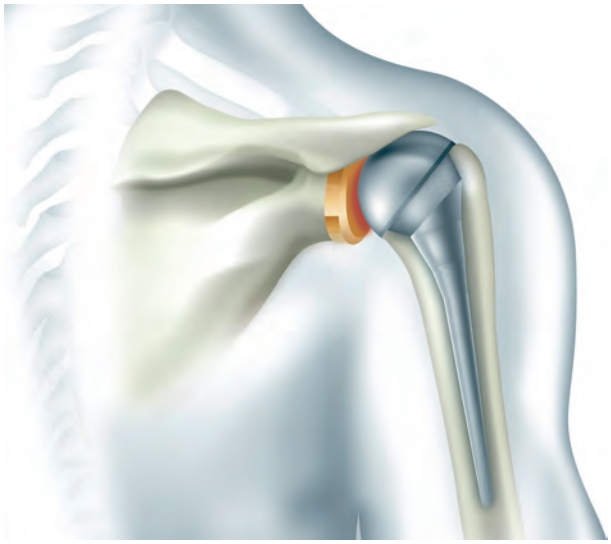
Antakya'da doğan Prof. Dr. Gazi Huri, ilk ve orta öğrenimimi de orada tamamlamış. Adana Fen Lisesinden mezun olduktan sonra 1997 yılında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesini kazanmış. Doktor olmayı seçmesinde aile büyükleri arasında hiç doktor olmamasının rolü olsa da asıl etken Adana Fen Lisesindeyken öğrencilere uygulanan bir psikolojik testin sonucu olmuş. Çukurova Üniversitesinde bir lisansüstü tezi kapsamında yapılan ve kişiye uygun olan mesleğin araştırıldığı bu testte Prof. Dr. Gazi Huri doktorluk mesleğine %98 oranında uygun çıkmış.

2003-2008 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalında uzmanlığını ve mecburi hizmetini tamamladıktan sonra Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Johns Hopkins Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Bölümünde omuz ve dirsek cerrahisi alanında tıpta yan dal uzmanlığını almış ve Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesine dönmüş. Bu süre içerisinde hem ABD'de edindiği bilgi ve deneyimler hem de kurduğu uluslararası akademik ilişkiler sayesinde Avrupa Genç Ortopedi Federasyonu başkanlığına seçilmiş. Ülkemizde, Avrupa Genç Ortopedi Federasyonu bünyesindeki Türk Ortopedi Derneğinin alt branşı olan asistan ve genç uzman hekim komisyonunun ve konseyinin kurucu başkanlığını yapmış. Böylece genç meslektaşlarının Avrupa'da eğitim görmeleri ve deneyim kazanmaları için önemli bir adım atmış.

Bir Avrupa Birliği projesi desteğiyle ve Lyon Üniversitesi, İtalya Bologna Üniversitesi, Krems Üniversitesi ve Yıldırım Beyazıt Üniversitesinin iş birlikleriyle 2016 yılında Avrupa Ortopedi Okulunu kuran Prof. Dr. Gazi Huri, Hacettepe Üniversitesi koordinatörlüğünde gerçekleştirilen sanal eğitimlerle yaklaşık 3.000 genç ortopediste ulaşma şansını yakalamış. Bu genç meslektaşlarının da 200-250 tanesinin Avrupa'da farklı merkezlerde eğitim verebilecek bir donanıma sahip olmasına katkı sağlamış. Uluslararası düzeyde alınan eğitimlerin ve kurulan ilişkilerin önemine dikkat çeken hocamız mesleğinin her aşamasında öğrenme ve öğretme heyecanını hep devam ettirmiş.

Prof. Dr. Gazi Huri tıp fakültesi 3. sınıf öğrencisiyken girdiği bir ameliyat, ortopedi ve travmatoloji uzmanlığını seçmesindeki iki etkenden biri. Ayağı yere düzgün basamayan serebral palsi hastası bir çocuğun ameliyattan sonra yürüyebildiğini görmesi, hocamız için hem çok anlamlı hem de mucizevi bir gelişme olmuş. Diğer etken ise tıp fakültesinin son yıllarında hangi uzmanlığı seçmemesi gerektiğine karar vermiş. İstemediği bölümleri elediğinde geriye psikiyatri ve ortopedi bölümleri kalmış. Bu iki bölüm birbirinden her ne kadar farklı görünse de Prof. Dr. Gazi Huri ortak yönleri olduğunu düşünüyor ve ortopedistler için "iç mimar", psikiyatristler için "ruhun mimarı" diyor.

peterschreiber.media / iStock



liangpv / iStock

Tıp Literatürüne Katkı

2018 yılında yapmış olduğu bilimsel çalışmalar ve kemik boyunu 4 cm'ye kadar uzatan ortopedik implant projesiyle Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) Genç Bilim İnsanı Ödülü'ne (GEBİP) lâyık görülen Prof. Dr. Gazi Huri ayrıca ABD, Avrupa, Japonya ve Türkiye'de aldığı 4 adet "Bone Plate" (kemik plağı) başlıklı patentin ve 1 tane de "Cerrahi Kılavuz" başlıklı patentin sahibi. Kemik plağı yöntemi, kemik boyunu uzatmak ve aynı zamanda "sorunlu kemik dokusu" çıkarıldığında oluşan kemik kaybının tedavi etmek için geliştirilmiş. 2012 yılında başlayan bu çalışma geçen yıl TÜBİTAK *Journal Medical Science*'da yayımlanmış ve bu makale dünya çapında da önemli sayıda atıf almış. Prof. Dr. Gazi Huri geliştirdikleri bu plak ile kemik ve boy uzatma ameliyatları yapıyor. Ancak bu ameliyatların komplikasyon riski yüksek olduğundan estetik amaçlı boy uzatma ameliyatları yapmıyor. Cerrahi kılavuz ise cerraha özellikle ters omuz protezi cerrahisi sırasında uygulama kolaylığı ve operasyonun en az komplikasyon ile gerçekleştirilmesini sağlıyor. Ayrıca omuz cerrahisinde omuz protezini diğer kemiklere zarar vermeden ulaşılması zor bölgelere yerleştirirken kişinin kürek kemiğinin üç boyutlu görüntülerinden oluşturulan kişiye özgü cerrahi kılavuz kullanılıyor. Böylece operasyon çok daha hızlı ve güvenilir bir şekilde gerçekleştiriliyor.

Aspetar Spor Yaralanmaları Hastanesinde İlk Türk Ortopedi Cerrahı

Prof. Dr. Gazi Huri 1 yıldır Katar'ın başkenti Doha'da FIFA Mükemmeliyet Merkezi ve Uluslararası Olimpiyat Komitesi'nin (IOC) araştırma merkezi Aspetar Spor Yaralanmaları Hastanesinde hem omuz ve dirsek cerrahı hem de eğitim direktörü olarak görev yapıyor. Hastanede 80-85 milletten, 75 farklı dilin konuşulduğu büyük bir araştırma grubu var. Prof. Dr. Gazi Huri de orada kendisiyle beraber başka Türk hekimlerin de olmasını ve Türkçe konuşmayı temenni ediyor. Bu açıdan gençlere örnek olmak ve onları teşvik etmek istiyor.

Aspetar Spor Yaralanmaları Hastanesi, 2007 yılında kurulduktan çok kısa bir süre sonra uluslararası üniversitelerle de ortaklıklar kurmaya başlamış. En büyük ortağı dünyadaki en iyi ilk on tıp fakültesinden biri olan ABD'deki Weill Cornell Üniversitesi Tıp Fakültesi. Hastanede bilimsel araştırma ekibine ek olarak istatistik alanındaki

kunchainub / iStock

uzmanlardan ve etik kuruldan oluşan bir akademik yapı var. Bir yandan spor ve sporcularla ilgili araştırmalar yürütülürken diğer yandan da spor yararlanmalarını engelleme ve ameliyat sonrası spora dönüş ile ilgili çalışmalar devam ediyor. Prof. Dr. Gazi Huri de omuz ve dirsek ile ilgili araştırmalarını sürdürüyor. Sporcuların sıklıkla yaşadığı ön çapraz bağ kopmaları ve menüsküs yırtıkları sonrasında spora dönüş ve sporcunun performansını arttırmak için yapılan çalışmalarda da aktif görev alıyor. Araştırmalarında önemli diğer bir konu ise rehabilitasyon. Kendisi şu an spor cerrahisi ve spor yaralanmaları ile ilgilenen bir rehabilitasyon ekibiyle de çalışıyor. Bu ekiple beraber ameliyat sonrası uygulanabilecek standart rehabilitasyon protokolleri oluşturup dünya çapında yayımlıyorlar. Prof. Dr. Gazi Huri kısa bir süre önce de çapraz bağ cerrahisi sonrası Aspeter protokolünü yayımladıklarından söz ediyor. Daha önce ise sporcularda kasık ağrısı protokolünü ayrıca kafa kafaya ve vücut vücuda olan çarpışmalar sonrasında ortaya çıkan yaralanmalar için hazırladıkları protokolü yayımladıklarını belirtiyor. Ana hedefleri ise sporcuların yaralanmasını engelleyici protokoller ve yaralanmadan sonra yapılan ameliyatların ardından spora dönme süresini kısaltan protokoller hazırlamak.

Prof. Dr. Gazi Huri, hastanede aynı zamanda spor diplomasisini öğrendiklerini de söylüyor. Spor ve spor yaralanmalarında konunun tıbbi tarafının dışında spor ekonomisinden, spor psikolojisinden, spor beslenmesinden, sporun uluslararası etkisine kadar pek çok yönünü gözlemleme şansını buluyor. Kendisi Formula 1'den FIFA Dünya Kupası'na Dünya Tenis Turnuvası'ndan Golf Turnuvası'na kadar bütün spor dallarının ve organizasyonlarının diplomatik kısmıyla da iç içe.

Dijital Çağın Ortopedik Sorunları

Günümüz modern dünyasının sonuçlarından biri dijital bağımlılık. Dijital bağımlılığın insan sağlığı açısından en büyük dezavantajlarından biri de kişilerin günlük yaşamda giderek daha az hareket etmelerine neden olması. Dijital çağın yol açabileceği bu ortopedik sorunları Prof. Dr. Gazi Huri "ayakta sorunlar" ve "oturarak sorunlar" olarak ikiye ayırıyor. Zamanımızın çoğunu oturarak geçirdiğimizi düşündüğümüz için ayakta durduğumuz ya da daha aktif olmaya çalıştığımızda çok yanlış hareketler yapıldığına dair uyarıda bulunuyor. Örneğin hafta sonları herhangi bir spor ekipmanı olmadan, uygunsuz hava koşullarında ve uygunsuz

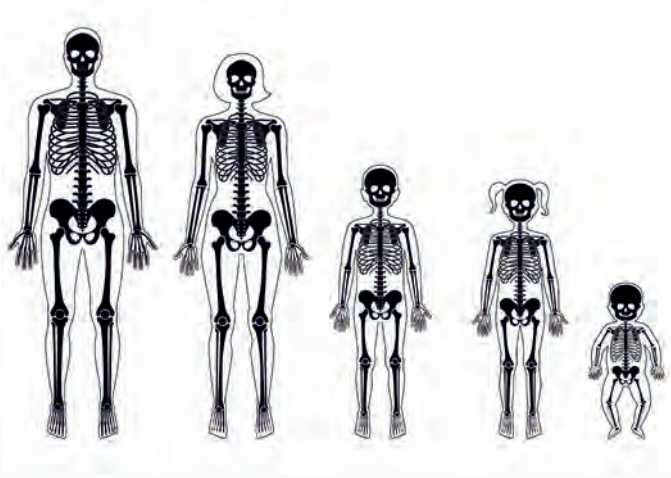
ORTOVERSE Hayali

Prof. Dr. Gazi Huri'nin hayata geçirmeyi çok istediği bir projesi var: gelişen teknolojinin ortopedi alanıyla tam bir iş birliği içinde olduğu Ortoverse. Metaverse'ten türetilen ortoverse, bir ortopedi gezegeni. Hatta hocamız bir sonraki aşamasını da düşünmüş ve ona da Mediverse (sağlık gezegeni) ismini vermiş. Şu an Türkiye'den genç meslektaşlarının da dâhil olduğu bu projede ekip, sanal bir spor yaralanma merkezi kurmayı planlıyor. Bu merkezde tamamen sanal ortamda eğitim verilecek sanal dersliklerin, ameliyatların anlatılacağı sanal ameliyathanelerin, sanal kafeteryaların, sanal kütüphanenin olması amaçlanıyor. Sadece sanal gözlük kullanarak bir ortopedistin, örneğin Stanford Üniversitesinden bir hoca ile sanal kafeteryada oturup bir vakayı tartışabilmesini ya da bir hekim ameliyat yaparken başka ülkeden bir meslektaşından görüş alarak birlikte konsültasyon yapmalarını sağlayacak bir sistem oluşturmak için çalışmalarına devam ediyorlar. 2026'da sanal sınıflarda eğitimlere ve sanal ameliyathanelerde de ameliyatlara başlamayı planlıyorlar.

sahalarda bir anda yüksek fiziksel performansa ulaşmak ve en iyi vücut şekline sahip olabilmek için veya bir günde sağlıklı olabilmek için vücudu çok fazla zorlamanın sonucunda ikinci ya da üçüncü günde vücudumuzda morlukların, kas ağrılarının, bel fıtığı gibi problemlerin ortaya çıkmasının muhtemel olduğuna dikkat çekiyor. Bundan 20 yıl önce toplumda en sık karşılaşılan ortopedik sorunlar diz ağrısı, el ağrısı ve ayak bileği ağrısı iken şu anki teknoloji kullanım alışkanlıkları artık daha çok vücudun üst kısmını etkiliyor ve dolayısıyla daha çok boyun, omuz ve dirsek ağrıları; omurga problemleri; duruş bozuklukları; kas spazmı; boyun düzleşmesi gibi problemler ortaya çıkıyor. Bunların dışında bütün gün bilgisayar başında vakit geçiren veya sosyal medyayı takip etmek için saatlerce elinde telefon tutan bireylerde özellikle golfçü dirseği, karpel tünel, tetik parmak ve hatta omuzdaki tendon ödemine kadar birçok problemle karşılaşılabiliyor. Sevindirici haber ise bu tip sorunların genellikle çok kalıcı olmaması. Sadece bu sorunlara yol açan aktivitelerin azaltılması ve mikro travmaları önleyici hareketler ile bu problemlerin önüne geçmek mümkün. Prof. Dr. Gazi Huri'ye göre aslında temeldeki sorun vücudun "aşırı kullanımı" ya da "kullanıcı hatası". Hocamız da vücuttaki çoğu ortopedik yaralanmanın "kullanıcı hatasından" kaynaklandığını düşünüyor.

decade3d / iStock

"Orta yaş üstü bireylerde sosyal medyayı takip etmek için saatlerce elinde telefon tutmak gibi davranışlar sergilenmemesine rağmen yine de karpal tünel ve tetik parmak sorunları görülüyorsa diyabet veya hipertiroid gibi metabolik bir hastalığın olma ihtimali düşünülmeli."



Pikovit44 / iStock

"Her Yaşın Kemiği Farklı"

Halk arasında kemik erimesi olarak bilinen osteoporoz fazla kemik yıkımı veya az kemik üretimi ile gelişen bir iskelet sistemi hastalığıdır. Bunun sonucu olarak kemik kütlesi düşer, kemikler zayıflar ve kırık olasılığı artar. Hatta 50 yaş üzerinde her üç kadından biri ve her beş erkekten biri kemik erimesine bağlı kırık riski altında. Bu nedenle Prof. Dr. Gazi Huri hocamızdan kemik sağlığı ve kemik erimesi konusunda da bilgi aldık. Hocamız öncelikle kemik sağlığının her yaş için çok önemli olduğuna dikkat çekiyor ve "her yaşın kemiği farklıdır" diyor. Yeni doğan bir bebeğin kemiği, 10 yaşındaki bir çocuğun kemiği, 30 yaşındaki ya da 80 yaşındaki bir kişinin kemiklerinin farklı olduğu bilgisini öğreniyoruz. Bu nedenle her yaş döneminde kemikler için "olmazsa olmaz" denilebilecek

destek D vitamini ve kalsiyum. Yapılan çalışmalarda D vitamini yetersizliği olan bireylerde kemiklerde herhangi bir bozulma olmamasına rağmen kemik mineral yoğunluğunun azalması ve kemik erimesi çok daha hızlı gerçekleşiyor. O yüzden Dünya Pediatri Örgütü, çocukluk döneminden itibaren kalsiyum ve D vitamini takviyesi almalarını öneriyor.

Kadınlar östrojenin etkisiyle menopoza kadar olan dönemde erkeklerden daha şanslı olmakla birlikte menopoz sonrasındaki dönemde kemik erimesi önemli oranda başlıyor. Çünkü kemik yıkımından sorumlu osteoklast hücrelerin etkinliğini engelleyerek kemik kütlesinin korunmasını sağlayan östrojen menopoz sonrasında azalıyor. Erkeklerdeki kemik erimesi kadınlara göre biraz daha ender görülüyor. Menopozdan sonraki dönemde, kadınlarda kemik sağlığını arttıran en ideal egzersiz zıplama. Prof. Dr. Gazi Huri'nin önerisi ip atlamak. Elbette 65 yaş üstündeki bir kişi için ip atlamak kolay değil. O yüzden hocamız ip atlamak yerine yürüyüş ile kemik sağlığını korumayı öneriyor. Ayrıca kemik sağlığı ve kemiklerin dayanıklılığı konusunda kadınlarla erkekler arasında farklar olduğunu hatırlatıyor. Çünkü hem fenotip (genetik ile çevresel koşulların etkileşimiyle ortaya çıkan gözlemlenebilir özellikler) olarak hem de iskelet yapısındaki farklılıklar nedeniyle kemik yapıları da farklılık gösteriyor.

Kadın sporcularda ön çapraz bağ yaralanması erkek sporculara göre daha sık görülüyor. Bunun nedenlerine yönelik araştırmalar devam ediyor. Hormonal faktörlerin ve kadınların kemik geometrisinin erkeklerden farklı olmasının etken olabileceği düşünülüyor. Diğer taraftan örneğin omuz çıkıklarında eğer bir sporcunun bir kere omzu çıktıysa bunun tekrarlanmasına erkek sporcularda daha fazla rastlanıyor. Prof. Dr. Gazi Huri, ortopedik yaralanmalar konusunda da kadın ve erkek sporcuların farklılıklar gösterdiğini belirtiyor.

Ortopedide Fizik Kuralları

Ortopedinin fizikle olan ilişkisi, Prof. Dr. Gazi Huri'nin ortopediyi en çok sevme nedenlerinden biri. Özellikle 65 yaş üstü kişilere yürüyüşü önermesinin nedeni de fizikle ilişkili. Yürüyüş sırasında her adımda kemiklere binen yük kemikleri güçlendiriyor, kemik erime hızı düşüyor ve kırık riski azalıyor. Kemiklere optimum yoğunlukta yük bindiren egzersizlerin kemik yoğunluğunu ve dayanıklılığı arttırdığı bilimsel çalışmalarla da ispatlanmış. Buradaki en büyük etken yer çekimi. Astronotlar uzaya gittiği zaman, yer çekimsiz ortamda ilk etkilenen kemikler. Bu yüzden Dünya'ya döndükten sonraki ilk ölçülen kemik mineral yoğunluğu ve ilk saptanan problem kemik erimesi. Çünkü yer çekiminin olmadığı bir yerde kemiğe etki eden hiçbir yük olmadığı için kemikler zayıflıyor. Altı ay veya daha uzun süre uzayda kalan astronotlar, yirmi yıllık yaşlanmaya eş değer kemik kaybı yaşayabiliyor. O yüzden astronotlar, Dünya'ya döndükten sonra altı ay boyunca yoğun kalsiyum ve D vitamini desteği alıyor. Kullanılmayan organ küçülüyor yani kemikler kullanılmadığı zaman zayıflıyor. Ama astronot dünyaya döndüğünde kemikleri yük taşımaya başlıyor ve kemik yoğunluğu tekrar artıyor. Hocamız, bunun Wolff Kanunu ile ilgili olduğunu söylüyor. Alman cerrah ve anatomist Julius Wolff tarafından önerilen Wolff Kanunu, kemiklerin üzerinde uygulanan kuvvete, fiziksel strese ve darbelere bağlı olarak yoğunluk kazanmasını ve daha kuvvetli hâle gelmesini ifade ediyor.

En Zeki, En İşlevsel Kemik Hangisi?

Kemikler vücutta kendini kendi hücreleriyle onarabiliyor. Vücutta bu özelliğe sahip başka bir doku ya da organ yok. O nedenle Prof. Dr. Gazi Huri için kemik vücuttaki en zeki doku. Hocamız en işlevsel kemiklerin ise kulaktaki çekiç, örs ve üzengi kemikleri olduğunu söylüyor. Çünkü bu üç kemik durmaksızın çalışıyor. Ayrıca kendisi için her kemiğin yeri ayrı olsa da belki de omuz cerrahı olduğu için en sevdiği kemik köprücük kemiği. Çünkü köprücük kemiği "parmak izi" gibi. Her kişide inanılmaz geometrik farklılık gösteriyor. Tıptaki ismi klavkula. Anlamı "anahtar" olan Latince clavikul kelimesinden geliyor. Prof. Dr. Gazi Huri, her anahtar nasıl birbirinden farklı ise herkesin köprücük kemiğinin de geometrik olarak farklı olduğunu ayrıca vücutta en son kemikleşen kemik olduğu için bu sürecin 21 yaşına kadar devam ettiğini söylüyor.

comotion_design / iStock

"Kas İskelet Sistemi de Bir Anahtar!"

Sağlıklı kemiklere, kaslara dolayısıyla sağlıklı bir kas iskelet sistemine sahip olmak için Prof. Dr. Gazi Huri mutlaka hareket etmeyi, sağlıklı beslenmeyi ve güneş ışınlarından olabildiğince faydalanmayı öneriyor. Çünkü sağlıklı kas iskelet sistemi kişiye hareket edebilme özgürlüğü tanıyor. Bu da ruh sağlığı dâhil olmak üzere tüm vücudun sağlıklı olmasına büyük katkı sağlıyor. Dolayısıyla hocamız sağlıklı kas iskelet sisteminin tüm vücut sağlığı için bir anahtar olduğunun altını çiziyor. Ayağı kırık birine 6 hafta yürümemeyi önermediklerini aksine tek ayak üstünde de olsa bir an önce yürümelerini önerdiklerini söylüyor ve ekliyor: "Yer çekimine karşı duramayan vücut eskimeye, yıpranmaya başlar."

Prof. Dr. Gazi Huri sağlıklı kaslara sahip olmanın da önemine dikkat çekerek kasların ayrı bir endokrin organı olduğunu söylüyor. Yapılan araştırmalara göre düzenli hareket eden kaslarda yaşlanmayı, sistemik hastalıkları, kemik erimesini önleyici faktörler yani biyolojik moleküller sentezleniyor. O yüzden sağlıklı olmak ve sağlıklı kaslara sahip olmak için spor yapmak şart. Hocamız bir hatırlatma da yapıyor: "Büyük kaslara değil, sağlıklı kaslara ihtiyacımız var."

Yürüyelim mi, Koşalım mı?

Prof. Dr. Gazi Huri, tüm vücut sağlığı için en önemli faktörlerden birinin sağlıklı kas iskelet sistemi olduğunu, sağlıklı kas iskelet sistemi için hareketli olmanın, spor ve egzersiz yapmanın çok büyük önem taşıdığını vurguluyor. Peki, yürüyüş mü yapalım, günde 10.000 adım mı atalım, merdiven mi çıkalım ya da koşalım mı?

Hocamız öncelikle koşu yapılan zeminin öneminden söz ediyor. Koşarken ayak tabanınızı yere vurduğunuz zaman etkiye tepki nedeniyle zemine uyguladığınız şiddetin aynısı vücuda tekrar iletiliyor. Bu nedenle zeminde kalçaya ve dize yerden gelecek olan tepki kuvvetini azaltan özel tabakaların olması gerekiyor. O yüzden tartan pistte (poliüretandan yapılmış, her türlü hava koşuluna uygun sentetik pist yüzeyi) koşmak, toprakta ve çimde koşmak daha sağlıklı. Elbette ayakkabı seçiminin de çok önemli olduğunu hatırlatıyor ve tüm bu önlemlerin ana amacının dize, kalçaya ve bele yerden gelen tepki kuvvetini minimize etmek olduğunu söylüyor. Özetle, koşmak sağlığa yararlı, kesinlikle zararlı değil.

Yapılan çalışmalarda hafif düzeyde kireçlenme sorunu olan orta yaş grubundaki kişilerin aralıksız 15-20 dakika yürüdükten sonra eklem içerisinde kireçlenmeyi arttıran bazı moleküllerin salgılandığı tespit edilmiş. O yüzden 15-20 dakika veya yarım saat yürüdükten sonra en az 10-15 dakika dinlenmek gerekiyor. Aksi takdirde aralıksız 2 saat yürüdüğünüz zaman, yürüyüşün yarım saatinden sonra diz ekleminde dize zarar verecek moleküllerin seviyesi artacağından bu durumun diz eklem sağlığına olumsuz etkileri olabiliyor. Konu yürümek olunca hocamızın günlük 10.000 adım atmakla ilgili görüşlerini de merak ediyoruz. Prof. Dr. Gazi Huri, günde 10.000 adım

rzarek / iStock

kieferpix / iStock

Love Employee / iStock

PeopleImages / iStock

atmanın bilimsel bir dayanağı olmadığını söylüyor. Normal bireyler için önerilen günlük adım sayısının 6.000-8.000 olduğunu ve her gün 10.000 adım ve üzerindeki yürüyüşlerin dizlerde kireçlenmeyi hızlandırdığını ve eklem sağlığına zarar verdiğini vurguluyor.

Prof. Dr. Gazi Huri yürümenin de koşmanın da kardiyo egzersizleri olduğunu hatırlatıyor. Bu egzersizlerin akciğer kapasitesini artırdığını, ayrıca kalp atımını ve tansiyonu düzenlediğini belirterek 30 dakikanın üzerindeki aralıksız koşma veya yürüyüşlerin hangi zeminde olursa olsun diz eklemine olumsuz etkileri olacağının bir kez daha altını çiziyor.

Diğer bir konu da merdiven çıkmak. Prof. Dr. Gazi Huri bu konuda yapılan çalışmaların sonuçlarından söz ediyor. Bu sonuçlara göre merdiven çıkarken her basamakta, dize normalde binen yükün yedi katı kadar bir yük biniyor. O yüzden çok merdiven çıkmak kasları geliştirse de diz eklemlerine zarar verebiliyor. Hocamız çok uzun süre ayakta duran kişilere uzun süre kaslarını kullandıkları için çok fazla merdiven çıkmayı önermiyor. Merdiven çıkarken diz ağrısı şikâyeti olan hastalarına "merdiven çıkma" demek yerine, her adımda dize 35 kilo daha az yük binmesini sağlayacağından 5 kilo vermelerini öneriyor.

Uzman Tavsiyesi:
Kapalı Zincir Egzersizleri

Prof. Dr. Gazi Huri'nin bir tavsiyesi daha var: Bir spor salonunda ya da kapalı bir alanda kapalı zincir egzersizi denilen egzersizlerin yapılması. Kapalı zincir egzersizi ayak yerden veya zeminden kalkmadan yapılan egzersizler olarak tanımlıyor. Örnek olarak da eliptik bisikleti veriyor. Kapalı zincir egzersizlerinde bireyin kendini sakatlama ihtimali çok düşük olduğu için omuz, diz ve kalça ameliyatlarından sonra hastalarına da kapalı zincir egzersizlerini öneriyor. Ayrıca bu egzersiz tipi fazla kilolu kişiler için de en uygun egzersizlerden biri. Hocamız aslında bu kişiler için en güvenli spor branşının yüzme olduğunu da belirtiyor.

filo / iStock

Prof. Dr. Gazi Huri Gençlere Diyor ki...

Söyleşilerimizin vazgeçilmez bölümü, hocalarımızın gençlere seslenişi. Prof. Dr. Gazi Huri, gençlere öncelikle azimli olmalarını, kendileriyle yarışmalarını, uluslararası vizyona sahip olmalarını ve kendilerini önemsemelerini tavsiye ediyor. Hocamız, yurt dışında yapılan çalışmalar daha iyi olduğu için değil, gençlerin kendi yaptıkları işlerin de iyi olduğunu anlamaları için uluslararası vizyona sahip olmalarını önemsiyor. En azından tıp alanında böyle olduğunu söylüyor ve şöyle devam ediyor: "Eminim yurt dışına gittikleri zaman kendilerinin ne kadar değerli olduklarını bir kere daha hissedecekler. Kendilerine kattıkları deneyim ve bilgilerle ülkelerine dönsünler. Ben öyle yapıyorum. Şu an yurt dışındayım ama ülkeme katma değer sağlayabilmek için çalışıyorum. Genç arkadaşlarım lütfen bunu unutmasınlar. Hepimizin mutlu, güzel yaşayacağımız tek bir güzide ülkemiz var."

Hocamızın gençlere bir diğer önemli tavsiyesi de düzenli spor yapmalarıyla ilgili:

"Eğer 60-65 yaşına geldiğinizde birisinin koluna girmeden yürümek istiyorsanız şimdiden harekete geçin ve düzenli spor yapın. 70 yaş ve üstü hasta gruplarına baktığım zaman, tek başına bütün işini gören, bağımsız hareket edebilen kişilerin hepsinin genç yaşlarında düzenli spor yaptığını net bir şekilde görüyorum. O yüzden dijital bağımlılığı bir kenara bırakın ve hareket edin. Dijital cihazlar sizi kullanmasın, siz dijital cihazları kullanın!

Viktoria Kurpas / iStock

Prof. Dr. Gazi Huri'nin 19 Mayıs Atatürk'ü Anma, Gençlik ve Spor Bayramı mesajı da var: "Bundan 106 yıl önce sporun önemini bize benimseten, sporun önemini ve gerekliliğini gençliğe vurgulayan ve sağlıklı nesillerin yetişmesinin bir ülkenin geleceği için ne kadar önemli olduğunu söyleyen Ulu Önder Mustafa Kemal Atatürk ve silah arkadaşlarına minnetlerimi ve şükranlarımı sunuyorum."

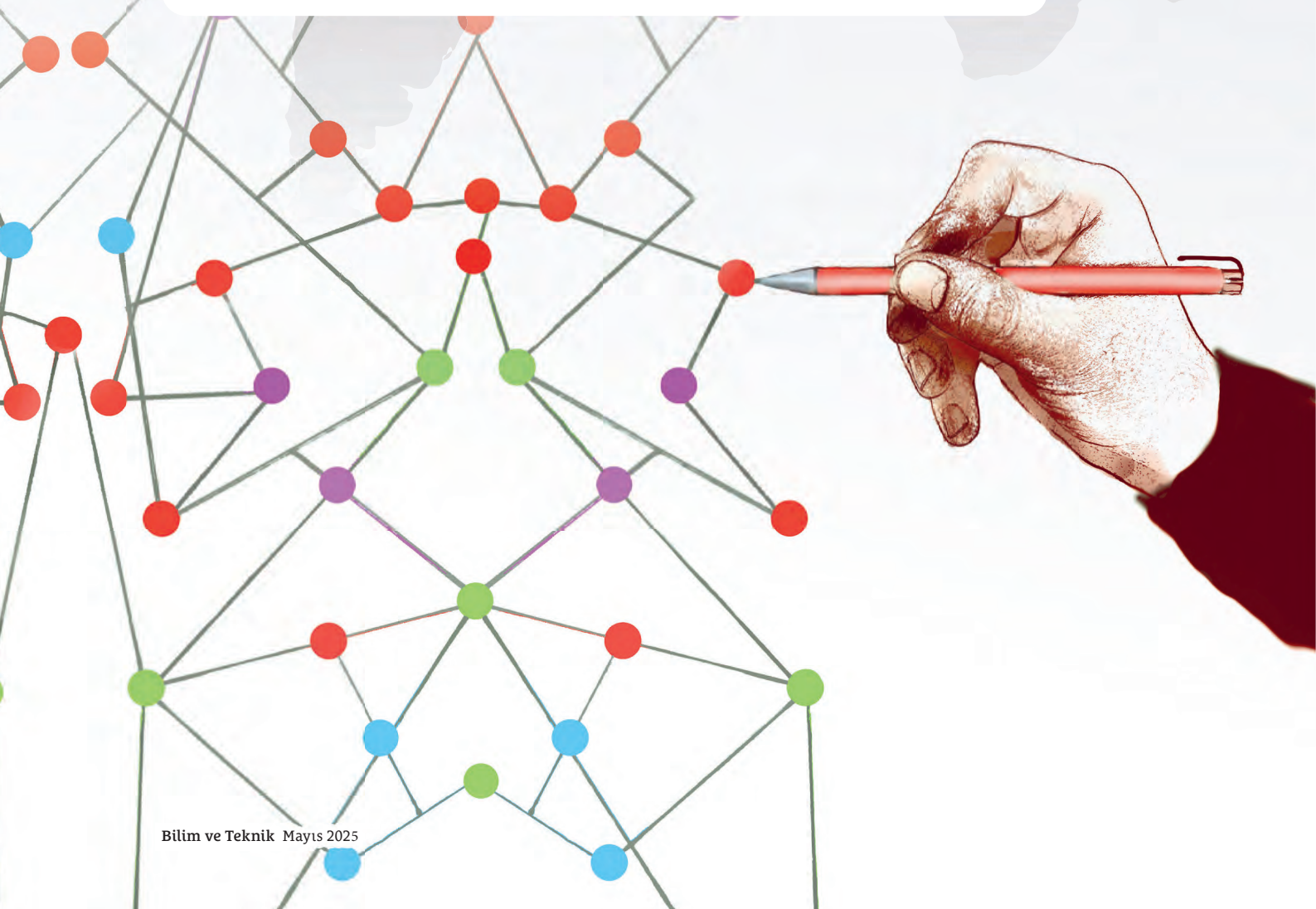
***Bilim ve Teknik* için Ne Dedi?**

"Çocukken annemin düzenli bir şekilde her ay eve aldığı tek dergi *Bilim ve Teknik* dergisiydi. Her ne kadar o yaşlarda bilim insanlarının hazırladığı "Ayın Sorusu" gibi köşelerdeki matematik problemlerinin hiçbirini çözemesem ve yazıları anlamasam da çok özenerek sakladığım bir dergiydi. Yıllar sonra aynı dergide röportajımın yayımlanması benim için inanılmaz gurur ve onur verici. Bu benim için hayatımdaki en kıymetli röportaj."

Prof. Dr. Gazi Huri'nin bu ay dergimizin konuğu olması bizim için de çok gurur verici. Bu güzel söyleşimizin sonunda *Bilim ve Teknik* dergisi ekibi olarak Prof. Dr. Gazi Huri'yi başarılarından dolayı kutluyor, nicelerini diliyor ve bize vakit ayırdığı için çok teşekkür ediyoruz. ■

Köprü Bilmecesinden Yapay Sinir Ağlarına **Çizge Kuramı**

Dr. Öğr. Üyesi Yeşim İmamoğlu | *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü*



Ikon Images / Gary Waters / SPL

Madmaxer / iStock

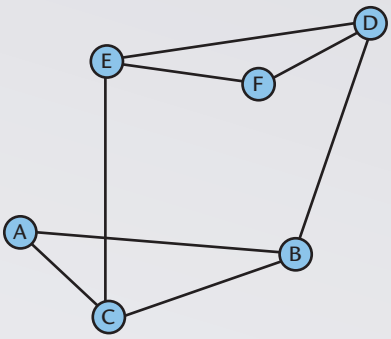
Sosyal medyada gezinirken tanıdık birinin "önerilen kişiler"de karşımıza çıkması, navigasyon cihazımızın şehirdeki karmaşık yollar arasında saniyeler içinde en kısa rotayı bulması veya müzik uygulamasının tam da zevkimize uygun çalma listesi oluşturması gibi birçok durumda perde arkasında çalışan şaşırtıcı bir matematik var: Çizge Kuramı.

Çizgeler, noktalar ve bu noktaları birleştiren çizgiler ile görselleştirilen matematiksel yapılardır. İlk bakışta oldukça basit gözükseler de aslında sosyal ağlardan ulaşım sistemlerine bilgisayar bilimlerinden biyolojiye kadar pek çok karmaşık yapının modellenmesinde ve analizinde kullanılabilecek kadar güçlüler.

Çizge Kuramı Nedir?

Çizge kuramı, nesneler arasındaki ikili ilişkileri çizge (graph) adı verilen matematiksel yapılar kullanarak inceler. Çizgeyi bir problem durumunun soyutlanmış hâli olarak düşünebiliriz. Bu soyutlama sayesinde karmaşık yapılar daha anlaşılır hâle geliyor.

Çizgeler, problem durumuna göre farklı şekillerde temsil edilebiliyor. Görsel bir çizge gösteriminde köşe veya düğüm olarak adlandırılan noktalar genellikle kişiler, şehirler, web siteleri gibi ögeleri temsil eder. Köşeler arasındaki bağlantılar kenar olarak adlandırılır ve genellikle çizgiler veya yaylarla temsil edilir. Kenarlar, köşeler ile temsil edilen ögeler arasındaki ilişkileri veya etkileşimleri gösterir. Bir köşeden çizilen kenar sayısına o köşenin derecesi denir. Örneğin bir grup insan arasındaki arkadaşlık ilişkisini gösteren şekildeki çizgede kişiler köşelerle, arkadaşlık durumu ise kenarlar ile temsil ediliyor. Çizgeye baktığımızda her köşenin derecesi bize o kişinin kaç tane arkadaşı olduğunu gösteriyor.

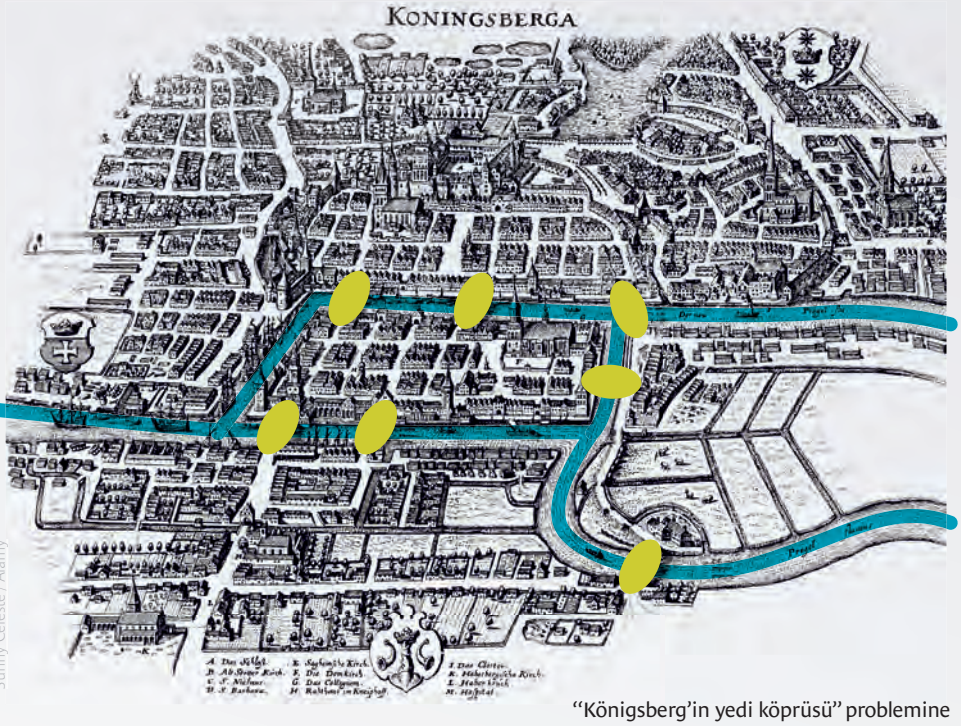


Görsel ChatGPT ile oluşturulmuştur

Altı kişilik bir grupta arkadaşlık ilişkilerini gösteren bir çizge

Çizge Kuramı Nasıl Ortaya Çıktı?

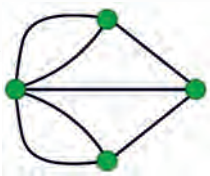
Çizge kuramı, oldukça fazla uygulama alanı olmasının yanı sıra ortaya çıkış hikâyesi ile de ilgi çekiyor. Başrolde matematiğe katkıları saymakla bitmeyen Leonhard Euler var. Bu muhteşem bilim insanının "Königsberg'in yedi köprüsü" olarak adlandırılan bir problemin çözümü için geliştirdiği yöntem, çizge kuramının temellerini attı. Euler'in zamanında, Prusya'nın Königsberg (günümüzde Rusya sınırları içinde yer alan Kaliningrad) kentinde şekildeki haritada göründüğü gibi bir nehrin iki kolu arasında kalan iki ada ve adaları birbirine ve diğer kara parçalarına bağlayan 7 tane köprü vardı. Problem şuydu: Şehrin yedi köprüsünün her birinden yalnızca bir kez geçerek bir yürüyüş yapmak mümkün mü?



Sunny Celeste / Alamy

"Königsberg'in yedi köprüsü" problemine konu olan şehrin planındaki 7 adet köprü yeşil renk ile belirtilmiştir.

Euler, 1736 yılında mantık bulmacalarına benzeyen bu problemin çözümü ile ilgili bir yazı yazdı. Yazısında bu problemin herkesçe bilindiğini ve şu ana kadar böyle bir yürüyüş yapılabileceğini kimsenin iddia edemediğini duyduğunu söyleyen Euler, böyle bir yürüyüşün mümkün olmadığını kanıtladı ve problemi genelleştirerek böyle bir yürüyüşün hangi koşullarda sağlanabileceğini ortaya koydu.



Euler, bu soruyu çözebilmek için kentin yapısını soyutlayarak bir "çizge" oluşturdu. Bu çizgede kara parçaları noktalarla, köprüler de çizgiler ile temsil ediliyor. Burada noktaların konumları veya çizgilerin nasıl çizildiğinin bir önemi yok, sadece her köşenin kaç kenar ile diğer köşelere bağlı olduğu önemli. Dolayısı ile bu soyutlama, sadece problem için önemli olan özelliklere odaklanmayı sağlıyor.

Bu problemin çözümü, çizgelerin nasıl kullanılabileceğini gösteren ilk matematiksel çalışmalardan biri olarak kabul ediliyor. Euler'in bu alandaki çalışmaları daha sonra Kazimierz Kuratowski, Paul Erdös ve Dénes König gibi matematikçilerin katkılarıyla genişledi. Çizge kuramı, zamanla hem nesnelerin sayılması ve düzenlenmesiyle ilgilenen kombinatorik hem de şekillerin konumsal ilişkilerini inceleyen topoloji alanları ile bağlantılı şekilde ilerledi. Bilgisayar biliminin gelişimi ile de çizge kuramı bu alanda önemli bir rol oynamaya başladı. Günümüzde ise yapay zekâ çalışmalarında kullanılan çizge sinir ağları (graph neural networks) gibi önemli uygulama alanları ile ön plana çıkıyor.

Collection Abecasis / SPL

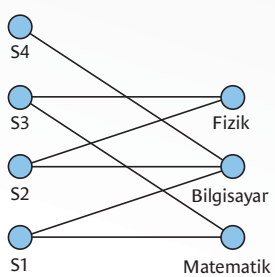
İsviçreli matematikçi ve fizikçi Leonhard Euler (1707-1783)

Çizge Türleri

Çizge kuramında farklı özelliklere sahip çizge türleri bulunuyor. Başlıca türleri kısaca inceleyelim:

İki Parçalı Çizgeler
(Bipartite Graphs)

Bu tür çizgelerde köşeler iki farklı kümeye ayrılabilir ve aynı küme içindeki köşeler arasında kenar bulunmaz. İki parçalı çizgeler çalışanlara görev atama, öğrenciler ve aldıkları dersler gibi eşleştirme problemlerinde, dijital platformlarda kullanıcı-öğe ilişkilerini incelemede ve sosyal ağ (kullanıcılar ve gruplar arasındaki ilişkiler) analizleri gibi durumlarda kullanılıyor.

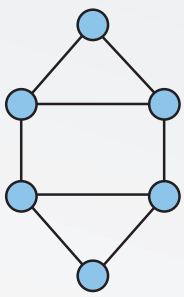


Görsel ChatGPT ile oluşturulmuştur

Öğrenciler ve derslerin eşleştirildiği iki parçalı bir çizge

Bağlantılı Çizgeler
(Connected Graphs)

Her iki köşe arasında bir yol bulunabilen çizgelerdir. (Örneğin A ve B, B ve C, C ve D köşeleri arasında kenar varsa A'dan D'ye bir yol var diyebiliriz.) Başka bir deyişle bağlantılı çizgelerde hiçbir köşe kopuk değildir: Her köşe birbiriyle doğrudan ya da dolaylı olarak bağlıdır. Bu tür çizgeler, sosyal ağlarda bireyler arasındaki ilişkileri, ulaşım sistemlerinde şehirler arası yolları, internet ve bilgisayar ağlarında veri iletim yollarını, elektrik şebekelerinde enerji dağıtımını ve biyolojik sistemlerde gen ya da protein etkileşimlerini modellemek için kullanılıyor.



Görsel ChatGPT ile oluşturulmuştur

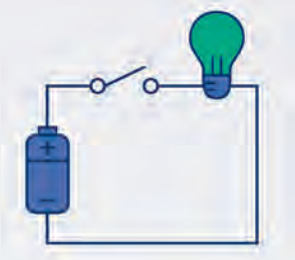
Bağlantılı bir çizgede her bir köşeye herhangi başka bir köşeden ulaşmak mümkün

Yönlü Çizgeler
(Directed Graphs)

Kenarların belirli bir yönü olan çizgelerdir. Nesneler arası ilişkilerin tek yönlü olduğu durumlarda sıra, akış ve nedensellik içeren sistemlerin analizinde yönlü çizgeler önem taşıyor. İş akışları, üretim süreçleri, yazılım geliştirme adımları gibi zaman ve sıra ilişkisine dayalı sistemler, ulaşım ağlarında tek yönlü yollar, elektronik devrelerdeki sinyal akışı ve dersler arası ön koşul ilişkileri bu tür çizgelerle temsil edilebiliyor.

Düzlemsel Çizgeler
(Planar Graphs)

Kenarları birbirini kesmeden düzlemde çizilebilen çizgelerdir. Harita renklendirme problemleri ve devre tasarımlarında kullanılıyor.



ekazansk / iStock

Ağırlıklı Çizgeler
(Weighted Graphs)

Her kenarın bir ağırlık değeri taşıdığı çizgelerdir. Bu değer, genelde mesafe, maliyet, zaman veya kapasite gibi ölçümleri temsil ediyor. Ağırlıklı çizgeler, en kısa yol ya da en ucuz rota gibi optimizasyon problemlerinde kullanılıyor. Örneğin harita uygulamalarında şehirler arası yolların uzunluğu ya da trafik yoğunluğu ağırlık olarak çizgeye ekleniyor. Lojistikte dağıtım yollarının maliyeti, elektrik şebekelerinde hatların kapasite ve direnç bilgileri de çizgelerde ağırlık olarak kullanılabiliyor.

Ağaç Çizgeler
(Tree Graphs)

Herhangi iki düğüm arasında yalnızca tek bir yol bulunan çizgelerdir. Döngü içermeyen ve bağlantılı olan bu tür çizgeler ile hiyerarşik yapılar temsil edilebiliyor. Bilgisayar biliminde dosya sistemleri, yapay zekâda karar ağaçları ve genetikte soyağaçları gibi birçok alanda ağaç yapıları etkili bir şekilde kullanılıyor.

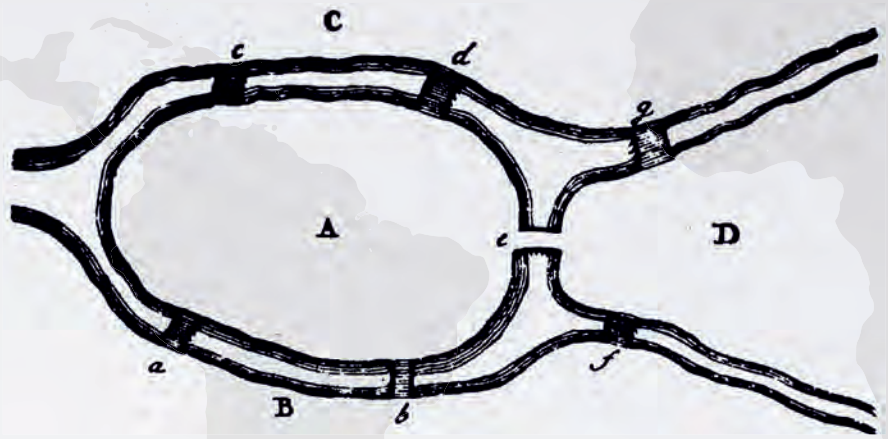
Görsel ChatGPT ile oluşturulmuştur

Ağaç yapısında bir çizge

Çizge Kuramında Dört Önemli Problem

Köprü (Euler Turu) Problemi

Euler'in Königsberg köprüleri problemi, bir çizgede tüm kenarların sadece bir kez kullanılarak bir çizgeyi dolaşma problemi olarak biliniyor. Her kenarın yalnızca bir kez geçildiği yol Euler yolu olarak adlandırılıyor. Eğer bu yol, başladığı noktada bitiyorsa yani çizgedeki tüm kenarlar bir kez kullanılarak bir döngü oluşturuyorsa buna Euler turu deniyor.



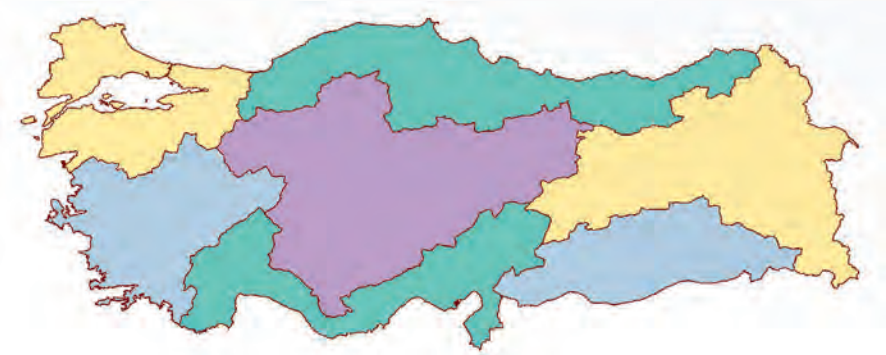
Art Collection 4 / Alamy

Euler'in Königsberg'in yedi köprüsü probleminin şematik olarak gösterimi

Köprü probleminin optimizasyon içeren bir uygulaması ilk olarak Mei-Ko Kwan isimli genç bir Çinli matematikçi tarafından ele alındı ve bu problem daha sonra onun onuruna Çinli postacı problemi olarak adlandırıldı. Problem, postacının bir şehirdeki tüm yolları, katettiği toplam mesafe en az olacak şekilde, kapsayarak dağıtım yapıp postaneye geri dönmesi ile ilgili. Çoğu zaman şehir ağları Euler turu içermez. Bu durumda bazı yollar ikinci kez geçilerek tüm yollar kapsanır. Yani Çinli postacı problemi, Euler turunun mümkün olmadığı durumlarda en az tekrar ile tüm kenarları kapsayan bir rota bulmayı amaçlıyor. Günümüzde Euler yolları ve turları, şehir temizlik araçlarının rotalarının belirlenmesi, kar küreme ve çöp toplama planlaması, robotların alan tarama görevleri gibi pek çok alanda, her yolun en az bir kez geçilmesi gereken görevlerde kullanılıyor.

Dört Renk Teoremi

Çizge kuramının ilginç problemlerinden biri, düzlem üzerinde çizilen bir haritayı renklendirmek için komşu bölgelerin aynı renge boyanmaması koşuluyla kaç renk kullanılması gerektiği ile ilgiliydi. 1800'lü yıllarda bunun için dört rengin yeterli olacağı iddiası ortaya atıldı. Bu durum düzlemsel çizge ile temsil edildiğinde iddia, "düzlemsel çizgelerde köşeler, aralarında kenar olan köşeler aynı renge sahip olmayacak şekilde en fazla dört farklı renkle renklendirilebilir" olarak ifade edilebilir. Yüz yılı aşkın bir süre sonra 1976'da Kenneth Appel ve Wolfgang Haken, binlerce durumu bilgisayar yardımıyla inceleyerek bu iddiayı ispatladı. Dört renk teoremi, hem herkesin anlayabileceği kadar basit bir ifadesi olması hem de ispatının karmaşıklığı ve bilgisayar destekli ilk büyük ispat olması nedeniyle matematik dünyasında önemli bir yere sahiptir. Günümüzde coğrafi haritaların renklendirilmesi, mobil haberleşme sistemlerinde frekans planlaması, üniversitelerde sınav zaman çizelgelerinin oluşturulması, iş planlamaları ve görev atamaları, veri görselleştirme gibi birbirine bağlı birimlerin çakışmaması gereken pek çok durumda dört renk problemi yaklaşımı kullanılıyor.



mapchart.net ile oluşturuldu

Türkiye haritasında bölgelerin 4 renk ile gösterimi

Hamilton Yolu Problemi

Çizge kuramında önemli bir yer tutan bu klasik problem, bir çizgede her köşeye yalnızca bir kez uğrayarak çizgedeki tüm noktaları dolaşan bir yol bulunup bulunamayacağını tartışır. Bu tür bir yola *Hamilton yolu* denir. Eğer yol başlangıç noktasına geri dönüyorsa *Hamilton döngüsü* adını alır. Hamilton yolu problemi özellikle rota planlama, veri ağlarının optimizasyonu ve devre tasarımı gibi birçok durumda karşımıza çıkıyor. Örneğin bir robotun bir fabrikanın her bölümünü bir kere ziyaret ederek görevini tamamlaması, bir kargonun tüm adreslere uğrayıp son teslim noktasına ulaşması ya da bir seyahat rotasında tüm şehirlerin yalnızca bir kez ziyaret edilmesi gibi senaryolar, Hamilton yolu mantığıyla modellenebiliyor.

Hamilton yolu, optimizasyon alanında çok araştırılan *gezgin satıcı problemi*nin de temelini oluşturuyor. Bir satıcının belirli sayıda şehri her birine yalnızca bir kez uğrayarak en kısa toplam mesafeyle dolaşmasını inceleyen bu problem, Hamilton yolunun varlığının yanı sıra en kısa yolu bulmakla da ilgilenir. Yani satıcının rotası ağırlıklı bir çizge ile temsil edilir.

Alt Çizge İzomorfizm Problemi

Çizge kuramında önemli bir eşleşme problemidir ve şu temel soruya odaklanır: Bir büyük çizge içinde verilen daha küçük bir çizgeye izomorf bir alt çizge (çizgenin bir parçası) bulunabilir mi? İki çizgenin "izomorf" olması aynı bağlantı yapısına sahip olması demektir yani köşeler farklı adlarla gösterilse bile bağlantıların şekli aynıdır. Alt çizge izomorfizm problemi, özellikle veri yapıları ve ağ analizlerinde karşımıza çıkıyor. Sosyal ağ analizlerinde, bir sosyal ağda belirli bir kullanıcı etkileşim yapısının var olup olmadığı araştırılırken veya bilgi güvenliğinde kötü amaçlı yazılımların davranış desenlerini temsil eden çizgelerin sistem aktiviteleri içinde tespit edilmesi gibi durumlarda kullanılıyor. Bir molekülde belirli bir kimyasal yapı örüntüsünün bulunup bulunmadığı bu yöntemle inceleniyor.

Çizge kuramı, ilk bakışta basit görünen ancak çok geniş bir uygulama alanına sahip olan güçlü, matematiksel bir araç. Euler'in köprü probleminden günümüz yapay zekâ algoritmalarına kadar uzanan bu kuram, karmaşık sistemleri analiz etmemizi ve optimize etmemizi sağlıyor. Günlük hayatımızdaki birçok sistem, görünmez bir ağ ile birbirine bağlı ve çizge kuramı bu bağlantıları anlamamıza yardımcı oluyor. ■

Kaynaklar

https://www.masterclass.com/articles/graph-theory
https://mathworld.wolfram.com/Four-ColorTheorem.html
https://doi.org/10.1007/11790754_8
https://doi.org/10.36227/techrxiv.12061662.v1
https://doi.org/10.1023/A:1021271610995
https://www.scientificamerican.com/article/how-the-seven-bridges-of-koenigsberg-spawned-new-math/
Alexanderson, Gerald. About the Cover: Euler and the Königsberg Bridges: A Historical View. *Bulletin (New Series) of the American Mathematical Society*. 43. 567-573. 10.1090/S0273-0979-06-01130-X, 2006.
Appel, K., & Haken, W. Every planar map is four colorable. *Illinois Journal of Mathematics*, 21(3), 429–567, 1977.
Euler, L. Konum geometrisine ait bir problemin çözümü (Çeviri: M. Kanuni Er & S. Sert) https://scholarlycommons.pacific.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1052&context=euler-works&filename=0&type=additional
Grötschel, M., & Yuan, Y. X. Euler, Mei-ko Kwan, Königsberg, and a Chinese postman. *Optimization Stories*, 43, 2012.
Laporte, G. A concise guide to the traveling salesman problem. *Journal of the Operational Research Society*, 61(1), 35-40, 2010.
Wu, S., Sun, F., Zhang, W., Xie, X., & Cui, B. Graph neural networks in recommender systems: a survey. *ACM Computing Surveys*, 55(5), 1-37, 2022.
Yılmaz, M. Karayolları bakım çalışmasında kullanılan araçların güzergâhlarının hiyerarşik Çinli postacı problemi kullanılarak düzenlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(4), 107-115, 2018.

Dijital Oyun Oynarken
Anlık Kararlara Dikkat!

Prof. Dr. Hakan Cengiz [*Karabük Üniversitesi İşletme Fakültesi, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bölümü*

Son yıllarda yapılan araştırmalar oyun içi alışverişlerin ardında yatan psikolojik faktörleri ortaya koyuyor.

Hiç dijital oyun oynarken bir anlık kararla "Şimdi Satın Al!"ı tıklayıp sonra pişmanlık yaşadığınız oldu mu? Severek oynanan dijital oyunlar, oyuncuları kimi zaman farkında olmadan hızlı kararlar almaya ve harcamalar yapmaya itebiliyor.

Oyun dünyasında "En iyisi kim?" sorusu hep sorulur. Çoğu oyunda bunun için sıralamalar yapılır ve oyuncular arasında kıyasıya bir rekabet yaşanır. Ancak bu rekabet sadece kazanmak için değil, aynı zamanda kişinin dijital oyun ortamında etkileşimde bulunduğu sanal çevresinde beğenilmek ve takdir edilmek için de olabilir. Mesela bir oyunda nadir bir kostüm ya da özel bir eşya almak, diğer oyunculara "Bakın, ne kadar havalıyım!" mesajı vermek için bir araç hâline gelebilir. İşte bu noktada "beğenilme ve popüler olma arzusu" devreye girer.

Araştırmalar, dijital oyunlardaki rekabetçi havanın, oyuncularda popüler olma arzusunu

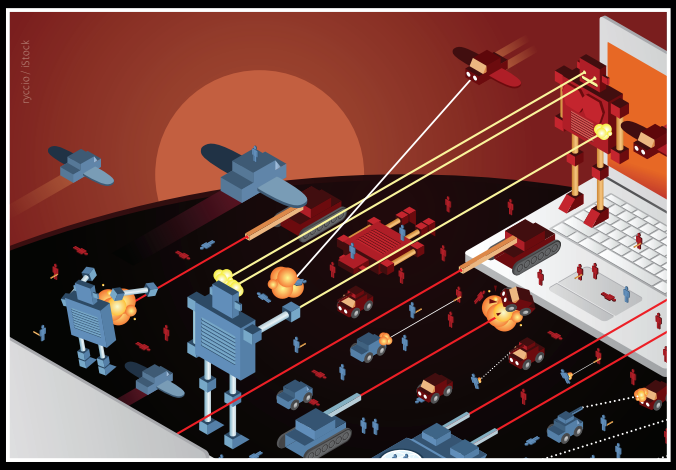
tetikleyerek oyun içi satın alma davranışlarını teşvik edebileceğini gösteriyor. Yani bazen oyun içi bir satın alma kararı, sadece satın alınan özellik oyunda avantaj sağlayacağı için değil, aynı zamanda sanal ortamdaki sosyal statüyü arttıracağı düşüncesiyle de verilebiliyor.

Peki neden bazı oyuncular bu dürtüye daha fazla kapılırken bazıları aynı etkiye maruz kalmıyor? İşte burada "sosyal beceri" kavramı devreye giriyor. Sosyal beceri, bireyin çevresiyle iletişimde ne kadar başarılı olduğunu belirleyen bir göstergedir. Araştırmalara göre sosyal etkileşim açısından daha çekingen olan oyuncular, popüler olma arzusuna daha fazla kapılarak oyun içi alışveriş yapmaya daha yatkın olabiliyor. Bu durum ise zaman zaman gereksiz harcamalar yapmaya yol açabiliyor.

Peki Oyun Sektörü, Bu Psikolojik Davranış Eğilimlerinin Neresinde?

Araştırmalar, oyun içi alışverişlerin video oyun endüstrisinin önemli bir gelir kaynağı olduğunu ortaya koyuyor. Oyun yapımcıları, oyuncuların bu ani satın alma dürtülerini tetikleyerek hem oyun deneyimini hem de kendi kazançlarını artırmayı hedefliyor. Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir nokta var: Bu tür ani alışverişler, buna eğilimli bazı oyuncuların finansal sorunlar yaşamasına yol açabiliyor.

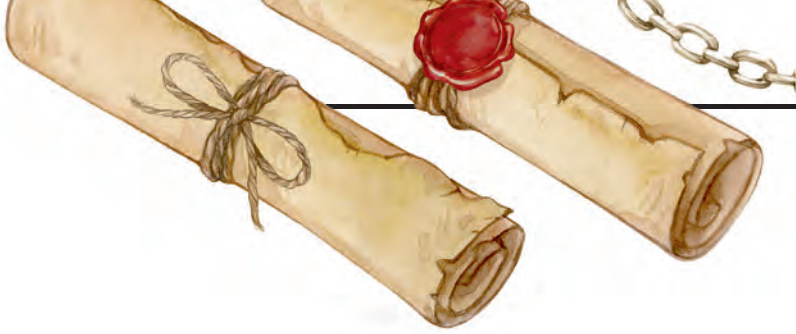
Yakın zamanlarda *Computers in Human Behavior* dergisinde yayımlanan bir araştırmada, bu konuyla ilgili önemli bilgiler elde edildi. Ülkemizden de bulgulara yer verilen çalışmada, oyun oynamanın keyifli bir süreç olması nedeniyle oyuncuların oyun içi ögeleri, gerekliliğini sorgulamadan ve finansal sonuçlarını düşünmeden satın alabileceği vurgulanıyor. Bu tür kontrolsüz harcamaların olumsuz sonuçlara yol açabileceği belirtilerek, oyuncuların duygularını fark etmeleri ve kontrol etmelerinin önemi üzerinde duruluyor.



Sonuç olarak oyun içinde, plan yapmaksızın duygusal etkilerle gerçekleştirilen dürtüsel alışverişler sadece anlık olarak haz veren bir davranış değil. Rekabet, popülerlik arzusu ve sosyal beceriler gibi önemli psikolojik faktörler de bunda rol oynuyor. Önlem olarak bir sonraki oyunda bir özelliği satın almadan önce "Gerçekten buna ihtiyacım var mı?" diye düşünmek, bu tür harcamaları kontrol altına almak için iyi bir başlangıç olabilir. Böylece hem oyunun keyfini çıkarabilir hem de gereksiz harcamalardan kaçınabilirsiniz. Unutmayın, gerçek başarı, oyunda ve hayatta dengeli kararlar verebilmektir! ■

Kaynak

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563224003479



BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir
[*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı*

Hipparkhos'un Geometri ve Gök Bilim Çalışmaları

Geometri ve Gök Bilimi

Gezegenlerin hareketlerinde gözlemlenen düzensizlikleri açıklamak için yapılan çalışmalar, İskenderiyeli bilim insanlarının geometride kaydettikleri ilerlemelerle farklı bir boyuta taşındı. Özellikle dış-merkezli ve çember-merkezli modeller konuya yeni bir bakış açısı kazandırdı. Ancak Pergeli Apollonios (M.Ö. 262-190) tarafından geliştirilen bu modellerin gezegenlerin hareketlerindeki düzensizlikleri açıkladığından emin olmak, başka bir deyişle gözlem sonuçlarıyla uygunluk gösterip göstermediğini belirlemek gerekiyordu. Tahminen M.Ö. 190-120 yılları arasında yaşamış olan Hipparkhos bu konuda çalışmalar yürüttü. Hayatı hakkında hemen hiçbir bilgi bulunmasa da Hipparkhos'un coğrafya, matematik ve gök bilim alanlarına özgün katkılar yaptığı biliniyor. Helenistik Dönem'de yaşamış bilim insanları arasındaki önemli isimlerden biri olmasına rağmen eserlerinin büyük kısmı günümüze ulaşmadığı için katkılarının bazı ayrıntıları karanlıkta kalmıştır. Ancak Hipparkhos'un gök bilim konusundaki kuramsal ve uygulamalı katkılarından, onu "gerçeğin büyük aşığı" olarak nitelendiren Ptolemaios'un (M.S. 100-170) aktardığı *Yılın Uzunluğu, Ayların ve Günlerin Dizilimi* ve *Gün Dönümleri ile Ekinoksların Değişimi* adlı üç eseri sayesinde haberdarız. Bu sayede

İskenderiye Müzesi'nde çalıştığını, gözlem aletleri yaptığını, çok sayıda yıldızı gözlemlediğini ve ilk detaylı yıldız kataloğunu hazırladığını biliyoruz. Ayrıca çıplak gözle görülebilen yıldızları hem konumlarına hem parlaklıklarına göre sınıflandırdı. Bu, gök bilimcilerin yıldızların parlaklıklarındaki değişimlerin (örneğin bazı yıldızların sönümlenerek kaybolması veya yeni yıldızların görünmesi gibi durumları) açıklamasına yönelik çalışmalarına temel oluşturdu.

wikipedia.org

İznikli Hipparkhos (M.Ö. 190-120)

Geometri Çalışmaları

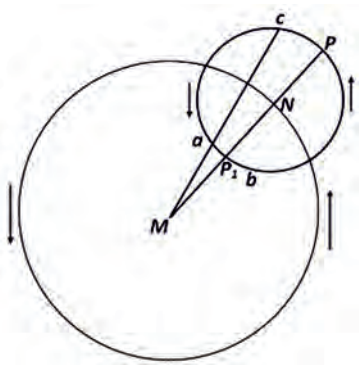
Geometri konusunda önemli çalışmaları bulunan Hipparkhos, dairenin çevresini 360 birime, çapını ise 120 birime böldükten sonra, ilk kez açıların karşısındaki yaylarla değil, kirişlerle ölçülmesini önerdi. İlk bakışta basit bir açı ölçme yöntemi değişikliği olduğu düşünülse de Hipparkhos'un geliştirdiği yeni yöntem trigonometrinin temellerinin atılmasına öncülük etti. Açıların yaylarla ölçülmesi durumunda orantı kurmak zordu. Kirişler yoluyla açı değerlerini belirleme yöntemi ise kolaylıklar sağlasa da bazı zorluklar taşıyordu. İlk zorluk, bazı açıların karşısındaki kirişlerin uzunluğunun kolayca hesaplanabilmesine karşın bazılarının çok karmaşık hesaplamalar gerektirmesiydi. Bir diğer problem ise daha önceki yöntemde kullanılan ve her açıya karşılık gelen yayın ölçüsünün listelendiği cetvele benzer şekilde, her açı derecesinin karşısındaki kirişin uzunluğunun bilinmesini sağlayacak bir kirişler cetvelinin hazırlanmasıydı. Böylece araştırmacılar her seferinde bir açının kirişinin uzunluğunu hesaplamak yerine hazır cetvelde açının karşılık geldiği kiriş uzunluğuna bakarak hesaplamalarını yapabilecekti. Bu cetvel, çok sonraları kullanılmaya başlanan logaritma cetvellerinin benzeridir. Kirişler cetveli bir açının tanjantı, kosinüsü, sinüsü ve kotanjantının rahatlıkla bulunabildiği logaritma cetveliyle aynı amaca hizmet edecek şekilde hazırlandı. Hipparkhos'un trigonometrik cetveller geliştirmiş olması, küresel trigonometrinin (her bir kenarı birer yay parçası olan küresel üçgenlerle ilgilenen geometri dalı) temel teoremlerini bildiğini düşündürüyor.

New York Public Library / SPL

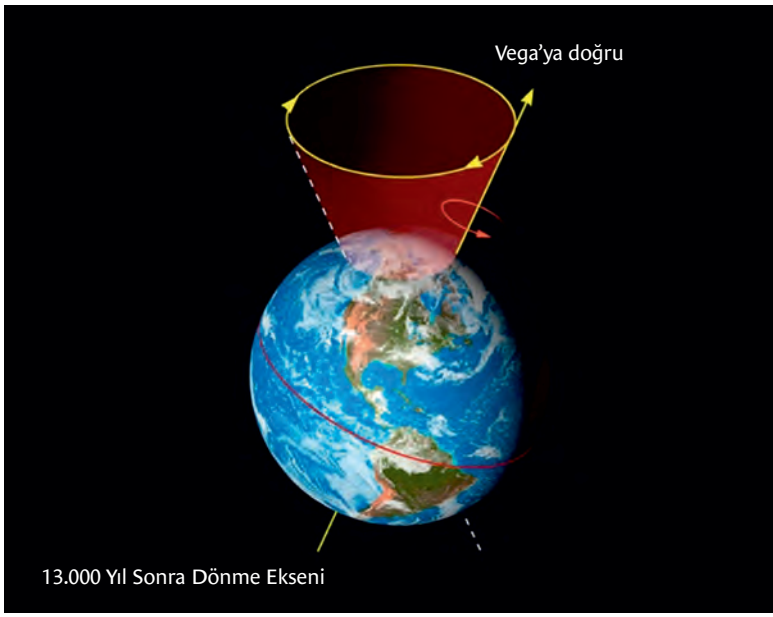
Gök Bilim Çalışmaları

İlk Güneş merkezli gök modelini geliştiren Aristarkhos (M.Ö. 310-230), Antik Yunan'da Yer'in evrendeki konumunu ve hareketini açıklamaya yönelik ilk bilimsel yaklaşımı ortaya koyan doğa filozofu ve gök bilimcisidir. Ondan sonra gelen Apollonios, Hipparkhos ve Ptolemaios gibi bilim insanları ise gezegenlerin gözlemlenen hareketlerini temsil etmek üzere dış-merkezli ve çember-merkezli geometrik modeller geliştirdi. Modelin gözlemlerle uyumlu olup olmadığını dikkate almayan bu bilim insanları için gezegenlerin hareketini modellemekte kullanılan farklı döngüsel hareketler bir arada değerlendirilerek gezegenlerin herhangi bir andaki konumlarını hesaplamak yeterliydi.

Büyük İskender'in zamanına kadar Yunan gök bilimciler, uzun süreli gözlem kayıtlarına dayanan verilere sahip olmadan evrenin yapısı üzerine fikirler ileri sürdü. Bu nedenle gök olaylarını açıklamada sınırlı başarı elde ettiler. İlk uygarlıklardan beri her dönemde insanlar ihtiyaç duydukları doğru ve tutarlı bir takvim yapmak veya var olan takvimleri düzenlemek amacıyla Güneş'in ve Ay'ın döngüsel hareketlerini daha yakından takip etmenin gerekli olduğu fark etmiş, bu da gök bilimin gelişimi hızlandırmıştı. Gök bilimin gelişim süreci, içerisinde yıldızların ve gezegenlerin konumlarının dereceli aletlerle belirlendiği küçük bir gözlemevinin de bulunduğu bir araştırma merkezi olan İskenderiye'deki Müze'nin kurulmasıyla kurumsallaştı. Hipparkhos'un ve Ptolemaios'un gök bilimde büyük keşifler yapmasını sağlayan bu sistemli gözlem çalışmaları, aralarında Apollonios'un da bulunduğu birçok matematikçi tarafından desteklenince gök biliminde ciddi bir ilerleme kaydedildi. Bu sayede burçlar kuşağı olarak da bilinen 12 zodyak takımyıldız ile gezegenlerin gökyüzündeki gözlemlenen hareketlerini eş merkezli bir daire içinde açıklamak mümkün oldu.



Bu modelde Yer, taşıyıcı (deferent) olarak adlandırılan büyük çemberin merkezi olan M noktasında yer alır. Merkezi N olan küçük çember (episikl) ise gezegenin sidereal döngüsünü temsil eder ve Yer'in etrafında döner. Sidereal (yıldız) döngüsü gezegenin, gökyüzünde arka plandaki yıldızlara göre aynı konuma geri dönmesidir ve bu döngüyü tamamlamak için geçen süre sidereal (yıldız) yılı olarak isimlendirilir. Episikl üzerinde bulunan gezegen, sidereal döngüsünü tamamlamak üzere episiklin etrafında deferent ile aynı yönde dolanır. Deferent üzerindeki hareket, boylamdaki yani gezegenin gökyüzünde zodyak kuşağı boyuncaki hareketini; episikl üzerindeki hareket ise gezegenin retrograde yani gökyüzündeki normal hareket yönünün tersi yöndeki hareketini temsil eder. Böylece bu iki doğrusal hızın birbirine oranına bağlı olarak gezegenin gökyüzünde gözlemlenen hareketindeki düzensizliği açıklamak mümkündür. Hipparkhos'un yaptığı budur.



Dünya'nın dönme ekseninin uzayda işaret ettiği nokta 26.000 yıllık bir periyotla daire çizer. Bu hareket "presesyon hareketi" olarak isimlendirilir.

Mark Garlick / SPL

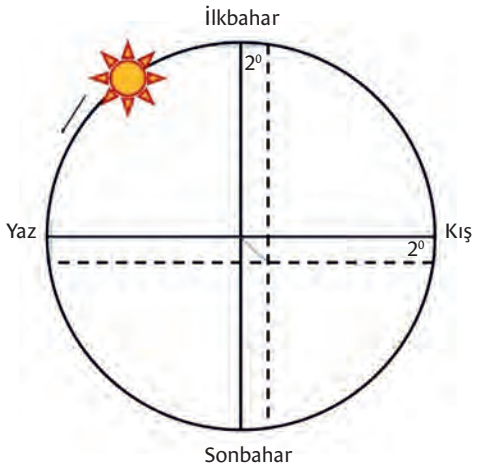
Ekinoksların Presesyonu

Gök cisimlerinin gökyüzündeki hareketlerinin tam olarak anlaşılabilmesi için uzun zaman ölçeklerinde gerçekleştirilen güvenilir gözlem kayıtları gereklidir. Hipparkhos'un yaptığı gözlemlere ek olarak, kendisinden önce İskenderiye'de 150 yıl boyunca yapılan gözlemlere ait veriler ve çok daha eski Babil gözlem kayıtları vardı. Hipparkhos, gözlem kayıtlarının güvenilirliği için hassas ölçümler yapabilmeyi sağlayacak gelişmiş gözlem araçlarına ihtiyacı olduğunu biliyordu.

Bu nedenle çalışmalarına çok sayıda gözlem aracı yapmakla başladı. Geliştirdiği gözlem araçlarıyla yaklaşık 800'den fazla yıldızı gözlemledi ve bu yıldızların konumlarını ve parlaklık derecelerini karşılaştırmalı şekilde belirledi. Bu çalışmaları sonucunda kendisinden önceki bilim insanlarının mevsimlerin zamanlarına yönelik tahminlerinin yanlış olduğunu, mevsimlerin başlangıç zamanlarında Güneş'in gökyüzündeki konumunun, sabit yıldızlara göre zamanla kaydığını fark etti. Bu durumun nedenini araştırdığında ekinoksların presesyonuna yani ötelenmesine dair önemli keşfe imza attı. Babil ve İskenderiye gözlemlerini birleştirerek Güneş ve Ay kuramlarını geliştirdi. Güneş kuramının esasını dört mevsimin her birinin süresinin neden diğerleriyle eşit olmadığı sorusu oluşturuyordu. Güneş'in mevsimler sırasında gökyüzünde eşit mesafeler katetmediğini fark eden Hipparkhos'un, Güneş'in gökyüzündeki hareketine dair gözlemlerle uyumlu bir model oluşturması gerekiyordu.

Hipparkhos çalışmaları sırasında ekinoks zamanlarındaki kaymanın, Yer'in kendi etrafında dönerken ekseninin uzayda işaret ettiği noktanın kademeli yön değiştirmesinden kaynaklandığını anladı ve bu periyodik hareketi ilk kez geometrik yöntemle açıklamayı başardı.

Dünya'nın kendi etrafındaki dönüş hareketi sırasında dönme ekseninin uzayda işaret ettiği yön yavaşça değişir. Bu periyodik hareket "presesyon hareketi" olarak isimlendirilir. Yani gezegenimiz bir topaç gibi yalpalar. Hipparkhos bu hareket nedeniyle yıldızların gökyüzünde ekinoks noktalarına göre zodyak takımyıldızlarının hareket yönünde ilerliyor gibi göründüğünü, gerçekte bunun ekinoks noktalarının (gök küresinin ekvatoru ile Dünya'nın yörünge düzleminin gök küresindeki izdüşümü olan ekliptiğin kesiştiği iki nokta) ötelenmesinden kaynaklandığını keşfetti.



Yer merkezli modeli savunan Hipparkhos'un keşfini açıklayabilmek için Güneş'in yörüngesinin dış-merkezliliğini yani Yer'in merkezden kaç derece kaydırılması gerektiğini hesaplaması gerekiyordu. Şöyle düşündü: Güneş çember şeklinde bir yörüngede sabit hızda hareket ettiğine göre Güneş her yay derecesini eşit sürede dolanmalıdır. Güneş, Yer'in çevresini 365 günde dolanarak 360 derecelik bir yay çiziyorsa bu durumda ilkbahar ekinoksu sırasında olduğu konumdan sonbahar ekinoksu sırasında olduğu konuma kadar olan yarım daireyi 182,5 günde tamamlıyor demektir. Bu sürenin 187 gün olduğunu gözlemeyen Hipparkhos, Güneş'in sonbahar ekinoksu ile ilkbahar ekinoksu arasındaki diğer yarım daireyi de 178 günde dolanacağını hesaplar. Yani teorik olarak hesaplanan ile gözlenen süreler arasında her iki durumda 4,5 günlük bir fark oluşur. Bu süre farkı 4 dereceye denk gelir. Bu da Yer'in, Güneş'in yörünge merkezinden ilkbahar-sonbahar çizgisine göre 2 derece kaydırılması gerektiğini anlamına gelir.

Gelecek sayımızda Ptolemaios'un çalışmalarını ele alacağız. ■

Kaynaklar

Dreyer, J. L. E., *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, (Second Edition), Dover Publications, Inc. 1953.
Pannekoek, A., *A History of Astronomy*, London: Ruskin House George Allen & Unwin Ltd. 1961.
Crowe, M. J., *Theories of the World from Antiquity to the Copernican Revolution* (Second Edition), Mineola, New York: Dover Publications, Inc. 2001.

Doğa
Fauna

Doç. Dr. Arzu Gürsoy Ergen
Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi,
Biyoloji Bölümü, Zooloji Ana Bilim Dalı

KUTUP SUMRUSU

Kutup sumrusu (*Sterna paradisaea*), doğadaki en dikkat çekici canlı türlerinden biridir ve dünya üzerindeki en uzun göç yolculuğunu gerçekleştiren kuş olarak bilinir. Bu deniz kuşu, her yıl Arktik'ten Antarktika'ya yaklaşık 70.000 km yol kat eder. Bu olağanüstü göç, kutup sumrusunun hem kuzey hem de güney yarım kürede yaz mevsimini yaşamasını sağlar. Arktik'te yazın üreyen bu kuşlar, günlerin uzun olduğu ve besin kaynaklarının bollaştığı bu dönemde yavrularını büyütür. Kış yaklaşırken de Antarktika'nın buzlu sularına doğru yola çıkarlar. Arktik yazı ile Antarktika yazı arasında kıtalar arası göç eden kutup sumrusu dünyadaki diğer hayvanlardan daha çok gün ışığı görür. Bir kutup sumrusu yaklaşık 30 yıl yaşar ve hayatı boyunca yaklaşık 2,4 milyon kilometrelik bir göç yolculuğu yapar.

Kutup sumrusu, zarif bir görünüme sahiptir. Ortalama 28-39 cm uzunluğunda olan bu kuşun kanat açıklığı yaklaşık 65-75 cm ve ortalama kütlesi 90-120 gramdır. Tüyleri genellikle beyazdır, üreme mevsiminde başlarındaki tüyler siyaha dönerek üzerinde bir başlık varmış gibi görünmesine neden olur ama üreme dönemi bittiğinde bu başlık nispeten kaybolur. Kırmızı gagası, siyah uçlu kanatları ve çatal kuyruğuyla tanınır. Beslenmek için deniz yüzeyinden küçük balık, plankton ve böcek avlar. Suya dalarak ya da yüzeyden avını yakalar. Bu beceri, uzun göçlerinde hayatta kalmasını sağlar.

Üreme dönemi, kutup sumrusunun yaşamında önemli bir yer tutar ve üreme alanı olan Kuzey Kutup Bölgesi'ne mayıs sonu ya da haziranın ilk haftasında gelir. Arktik tundra bölgelerinde koloniler hâlinde yuvalarını kurarlar. Her bir dişi, derin olmayan bir alanı yuva yeri olarak seçer ve çıplak kayalar üzerine, seyrek bitki örtüsüne sahip alanlara ya da kumsal üzerine yuvasını hazırlar. Çoğunlukla iki, bazen de bir ya da üç yumurta yumurtlayabilir. Yumurtalar açık mavi, yeşil ya da gri renklerde çakıl taşına benzer. Bu durum yumurtaya kamuflaj özelliği kazandırır ki bu yumurtalarla beslenen avcı kuşlar oldukça fazladır. Büyük kara sırtlı martı, kuzey gümüş martısı ve kutup tilkisi, kutup sumrusu yumurtalarının başlıca avcısıdır. Dişi kuluçkaya yattıktan yaklaşık üç hafta sonra yumurtadan çıkan yavrular pofuduk tüylü ve çok sevimlidir. Ebeveynler yavrularını okyanustan getirdikleri küçük balıklarla besler. Yavrular hızla büyüyerek 3-4 hafta içinde uçmaya hazır hâle gelir.

Güneye geri dönüş göçü temmuz sonu ile ekim başı arasındaki dönemde gerçekleşir. Kutup sumrusunun göç yollarını uydu takip cihazları ile izleyen bilim insanları, bazı bireylerin Atlantik Okyanusu'nu geçerek Afrika kıyılarını takip ettiğini, bazılarının ise Pasifik Okyanusu üzerinden dolambaçlı bir rota izlediğini belirledi. Kutup sumruları göç sırasında nadiren yere inerek mola verir ve genellikle uçarken beslenirler. Genç kutup sumruları göç yolculuğunu iki yıl ebeveynleri ile birlikte yapar. Antarktika'ya ulaşınca iki yıl burada kalırlar ve bu sürenin sonunda doğdukları yere yani Kuzey Kutup Bölgesi'ne ebeveynlerinin yardımı olmadan dönerler.

İklim değişikliği, deniz kirliliği ve yaşam alanlarının tahrip olması bu türün besin zincirini ve göç yollarını olumsuz etkiler. Artan sıcaklıklar buzulların erimesine ve deniz ekosistemlerinin değişmesine yol açarken plastik atıklar ve petrol sızıntıları gibi kirletici unsurlar, kutup sumrusunun beslenme kaynaklarını tehlikeye atar. Bu nedenle kutup sumrusunun korunması, yalnızca bu türü değil aynı zamanda onun yaşamını sürdürebilmek için bağlı olduğu kırılgan ekosistemleri kurtarmak için de kritik bir öneme sahiptir. ■

Alphotographic / iStock

Gökyüzü

Dr. Tuba Sarıgül
[*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Gökyüzünde Dikkatler Gün Doğumuna Kayıyor

Şubat ayında çıplak gözle görülebilen gezegenlerin hepsini gün batımından sonra gökyüzünde aynı anda görme fırsatını bulmuştuk. Aradan geçen sürede Merkür, Venüs ve Satürn gökyüzünde Güneş'e göre yön değiştirdiler ve artık şafak vakti gökyüzünde görülebiliyorlar. Mars ve Jüpiter ise gün batımından sonra gökyüzünde. Mayıs ayı boyunca etkinliğini devam ettiren Eta Aquarid Gök Taşı Yağmuru da 5 Mayıs'ta en yüksek etkinliğe ulaşıyor.

Jüpiter

Jüpiter, mayıs ayında Güneş'in batışından sonra Boğa Takımyıldızı'nda görülebiliyor. Haziran ayında kavuşum konumundan geçecek olan Jüpiter'in ufkun üzerinden yüksekliği her geçen gün azalıyor ve ayın sonunda görülmesi son derece zorlaşıyor. Kavuşum konumundayken Jüpiter, Güneş ve Dünya aynı hizadadır ve Jüpiter, Dünya'ya göre Güneş'in arkasından geçer. Bu süreçte gökyüzünde Güneş ile aralarındaki açısal mesafe düşük olduğundan Jüpiter'i birkaç hafta boyunca gözlemlemek mümkün değildir.

28 Mayıs akşamı Jüpiter'i ve hilal şeklindeki Ay'ı gün batımından sonra batı-kuzeybatı yönünde ufkun üzerinde birbirine yakın görmeyi deneyebilirsiniz.

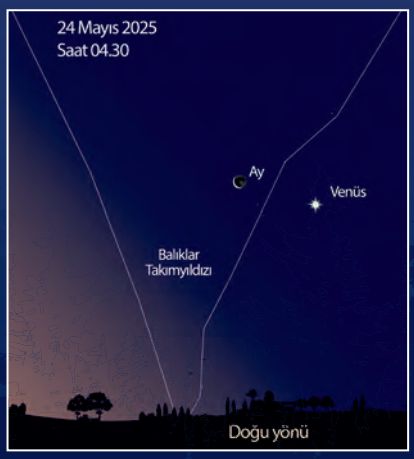
Mars

Mars, mayıs ayının başında Güneş'in batışından sonra gökyüzünde ortaya çıkıyor ve gece yarısından yaklaşık iki saat sonra batı-kuzeybatı yönünde ufuktan batıyor. Kızıl Gezegen ayın ilerleyen günlerinde daha erken batmaya başlıyor ve parlaklığı azalıyor.

Ayın başında Yengeç Takımyıldızı'nda olan Mars, ayın son günlerinde Aslan Takımyıldızı'na geçiyor. 4 Mayıs gecesi Mars'ı ve ilk dördün evresindeki Ay'ı batı-kuzeybatı yönünde ufkun üzerinde birbirine yakın görebilirsiniz.

Venüs

Venüs, mayıs ayında Güneş'ten yaklaşık bir buçuk saat önce doğu yönünde ufuktan doğuyor. Ayın ilerleyen günlerinde daha erken saatlerde doğmaya başlayan Venüs'ün parlaklığı hafifçe azalırken gezegen yuvarlağının parlak görünen kısmının oranı artıyor.



Mayıs ayının sonunda Venüs'ün yaklaşık %50'si (Ay'ın yarım ay evresinde olduğu gibi) parlak görünüyor.

24 Mayıs sabahı Venüs'ü ve yeni ay evresine yaklaşan Ay'ı gökyüzünde birbirine yakın görebilirsiniz.

Satürn

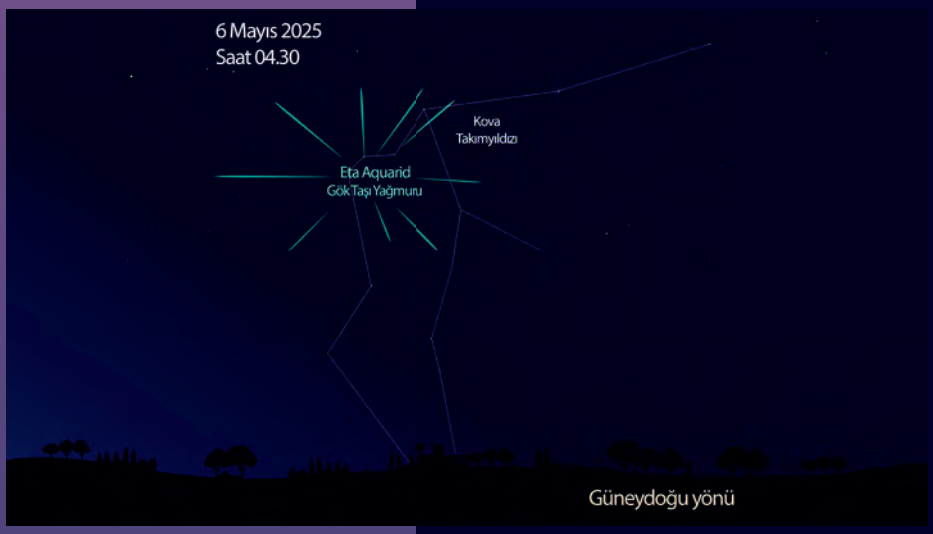
Satürn, mayıs ayının başında Venüs ile yaklaşık olarak aynı zamanlarda doğuyor ve iki gezegen ayın ilk haftası boyunca birbirine yakın görülebiliyor. İlerleyen günlerde Satürn'ün ufkun üzerinden yüksekliği belirgin şekilde artıyor ve Satürn ile Venüs birbirinden uzaklaşıyor.

23 Mayıs sabahı Satürn ve Ay, doğu-güneydoğu yönünde ufkun üzerinde birbirine yakın görülebiliyor.

6 Mayıs'ta Satürn'de ekinoks gerçekleşiyor. Satürn'ün yörünge düzlemi ile ekvator düzleminin çakıştığı bu anda Dünya'dan bakıldığında Satürn'ün halkaları neredeyse görünmez oluyor. 6 Mayıs'tan önce halkaların kuzey yüzü Güneş ışınları tarafından aydınlatılırken ekinokstan sonra güney yüzü aydınlık görünmeye başlıyor.

Merkür

Merkür, mayıs ayının başında Güneş'ten yaklaşık 50 dakika önce doğuyor. Ayın ilerleyen günlerinde Merkür'ün parlaklığı ve gezegen yuvarlağının görünen kısmının oranı artsa da gezegen ufuktan çok yükselmediğinden görülmesi hayli zor. Merkür, 30 Mayıs'ta ise üst kavuşum konumundan geçiyor. Bu konumdayken Merkür, Güneş ve Dünya aynı hizadadır ve Merkür, Dünya'ya göre Güneş'in arkasından geçer. Bu süreçte gökyüzünde Güneş'e çok yakın hareket ettiğinden Merkür'ü birkaç hafta boyunca gözlemlemek mümkün değildir.



Eta Aquarid Gök Taşı Yağmuru

19 Nisan ile 28 Mayıs arasında etkinliğini devam ettiren Eta Aquarid (Eta Kova) Gök Taşı Yağmuru 5-6 Mayıs gecesi en yüksek etkinliğe ulaşıyor. Güney yarım küreden görülen en güçlü gök taşı yağmurlarından biri olan Eta Aquarid sırasında kuzey yarım küredeki amatör gökyüzü gözlemcileri ise saatte maksimum 50 gök taşı görebiliyor. En yüksek etkinliğe ulaştığı tarihte Eta Aquarid Gök Taşı Yağmuru'nun saçılma noktası gece yarısından iki buçuk saat sonra doğu yönünde ufkun üzerinden doğuyor ve Güneş'in aydınlığında kaybolmadan önce gökyüzünde en yüksek noktaya ulaşıyor. Ay ise gün doğumundan kısa süre önce doğu yönünden doğduğu için gök taşlarının fark edilmesini olumsuz etkilemiyor.

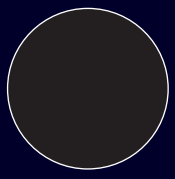
Eta Aquarid Gök Taşı Yağmuru'nun kaynağı 1P/Halley kuyruklu yıldızı. 1P/Halley kuyruklu yıldızı İngiliz gök bilimci Edmund Halley tarafından 1705'te keşfedildi. Güneş etrafındaki yörüngesini yaklaşık 76 yılda tamamlayan 1P/Halley, en son 1986 yılında Güneş'in en yakınından (~88 milyon km) geçmişti. Kuyruklu yıldızın Güneş'in en uzağından geçtiği nokta yani günöte noktası ise Neptün'ün yörüngesinin ötesinde.

İlk dördün
4 Mayıs
Saat: 16.52

Dolunay
12 Mayıs
Saat: 19.56

Son dördün
20 Mayıs
Saat: 14.59

Yeni ay
27 Mayıs
Saat: 06.02



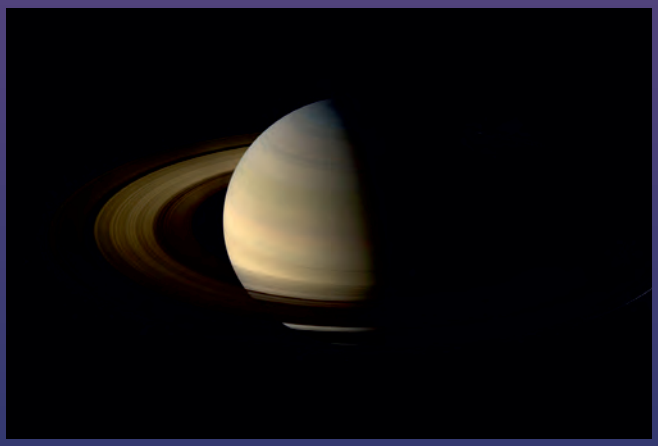
Yeröte
11 Mayıs Saat: 03.47
406.244 km

Yerberi
26 Mayıs Saat: 04.34
359.1022 km

Satürn Ekinoksu

Güneş sisteminin halkalı gezegeni Satürn, eksen eğikliği 23,5 olan Dünya'ya benzer şekilde, 26,73 derecelik bir eksen eğikliğine sahip. Bu nedenle Satürn'ün yörünge hareketi sırasında Güneş ışınlarının gezegenin yüzeyine geliş açısı sürekli değişiyor. Satürn'ün ekinoks dönemlerinde ise Güneş ışınları gezegenin ekvatoruna dik açıyla ulaşıyor. Bu dönemde Güneş ışınları Satürn'ün halka düzleminin kenar hattına tam olarak hizalı bir şekilde geliyor. Dolayısıyla halkalar Dünya'dan bakıldığında ancak ince bir çizgi şeklinde görülebiliyor ve diğer zamanlarda olduğu gibi Satürn'ün yüzeyinde halkaların geniş gölgeleri oluşmuyor.

Satürn, Güneş etrafındaki yörüngesini 29,4 Dünya yılında tamamlıyor. Dolayısıyla Satürn'de ekinokslar yaklaşık 15 Dünya yılında bir gerçekleşiyor. Bu fotoğraf da Ağustos 2009'da Satürn'ün kuzey kutbunda ilkbahar ekinoksu gerçekleşirken çekilmişti. Fotoğrafı çeken Cassini uzay aracı Satürn'ün ekvator düzleminin yaklaşık 20 derece üzerinde bulunduğu için fotoğrafta halkalar kolayca görülebiliyor. Ancak halkaların gölgesi gezegenin yüzeyinde ancak ince bir bant şeklinde fark edilebiliyor.

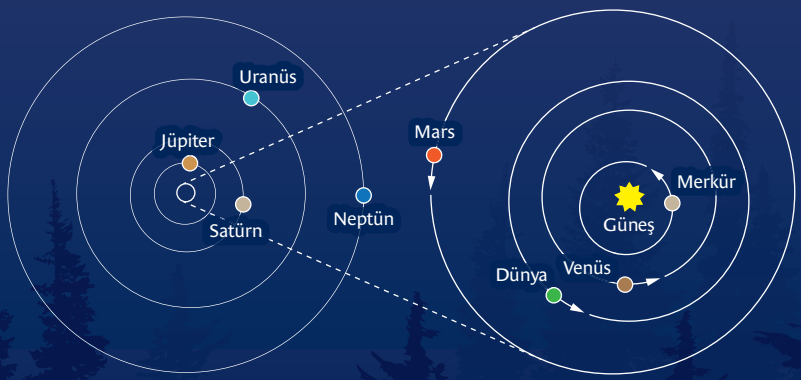


Satürn'de bir sonraki ekinoks ise 6 Mayıs'ta gerçekleşecek.

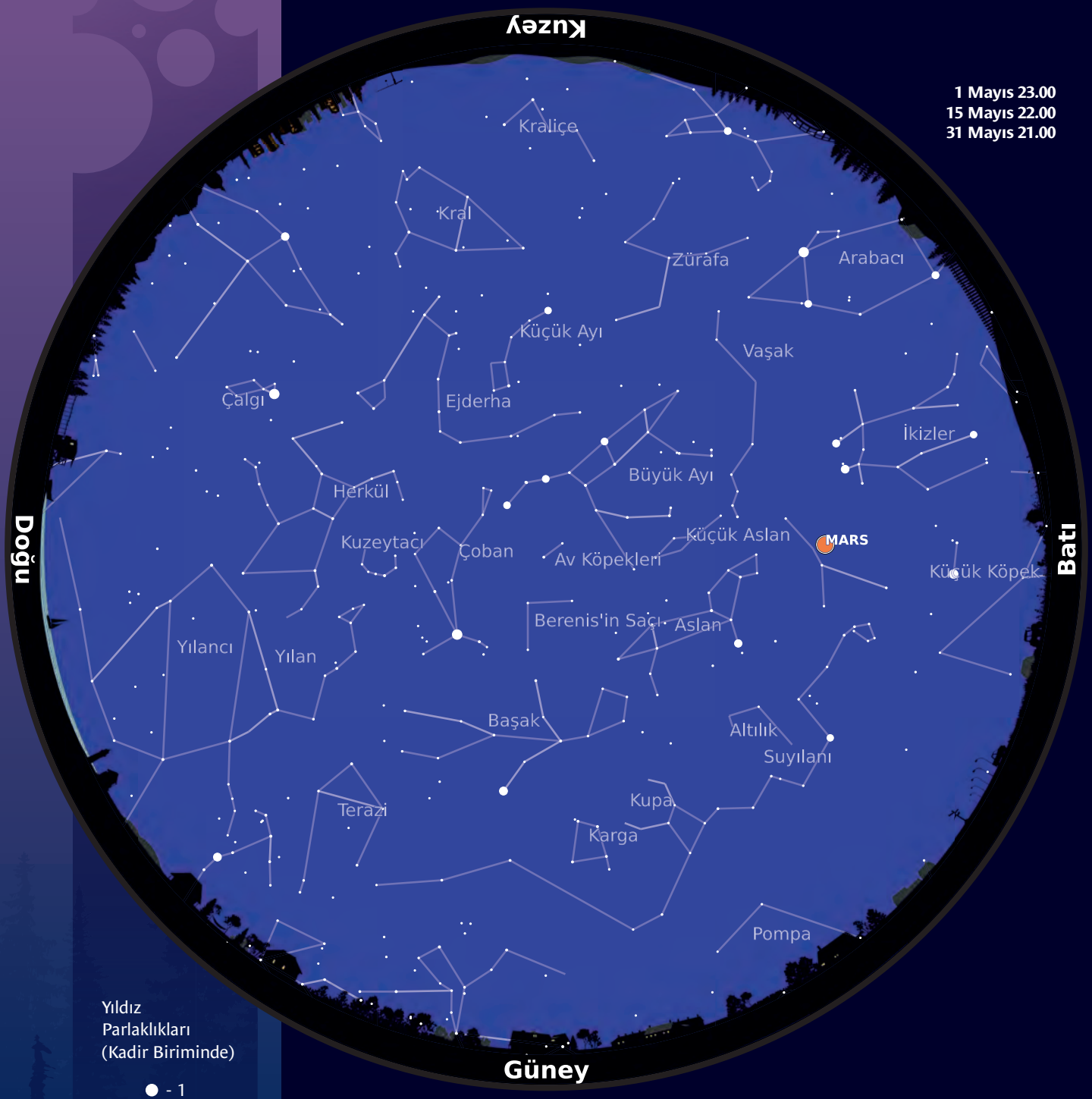
Ayın Önemli Gök Olayları

3 Mayıs	Ay ve Polluks yakın görünümde
4 Mayıs	Ay, ilk dördün evresinde
	Ay ve Mars yakın görünümde
5 Mayıs	Ay ve Regulus yakın görünümde
	Eta Aquarid (Eta Kova) Gök Taşı Yağmuru en yüksek etkinliğinde
10 Mayıs	Ay ve Spika yakın görünümde
11 Mayıs	Ay, Dünya'ya en uzak konumda
12 Mayıs	Ay, dolunay evresinde
14 Mayıs	Ay ve Antares yakın görünümde
18 Mayıs	Uranüs, kavuşum konumunda
20 Mayıs	Ay, son dördün evresinde
22 Mayıs	Ay ve Satürn yakın görünümde
24 Mayıs	Ay ve Venüs yakın görünümde
26 Mayıs	Ay, Dünya'ya en yakın konumda
27 Mayıs	Ay, yeni ay evresinde
30 Mayıs	Merkür, üst kavuşum konumunda

Mayıs Ayında Gezegenlerin Birbirlerine Göre Yörüngelerindeki Konumları



Çizimdeki oklar, Güneş sisteminde yer alan iç gezegenlerin mayıs ayında yörüngelerindeki hareketlerini gösteriyor. Dış gezegenlerin yörüngelerindeki konumları, ay içinde birbirine göre çok değişmediği için mayıs ayının ortasındaki konumları, çizimde nokta şeklinde belirtilmiştir.



Kaynaklar

- Okuyan, O. ve Köseoğlu, D. K., "2025 Gök Olayları Yıllığı", *Bilim ve Teknik*, Cilt 58, Sayı 686, 2025.
- "Observing October 2024", *Sky and Telescope*, Cilt 149, Sayı 5, 2025.
- Ratcliffe, M. ve Ling, A., "Sky This Month", *Astronomy*, Cilt 53, Sayı 5, s. 28-35, 2025.
- https://www.amsmeteors.org/meteor-showers/meteor-shower-calendar/
- https://science.nasa.gov/solar-system/comets/1p-halley/
- https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA11667

Düşünme Kulesi

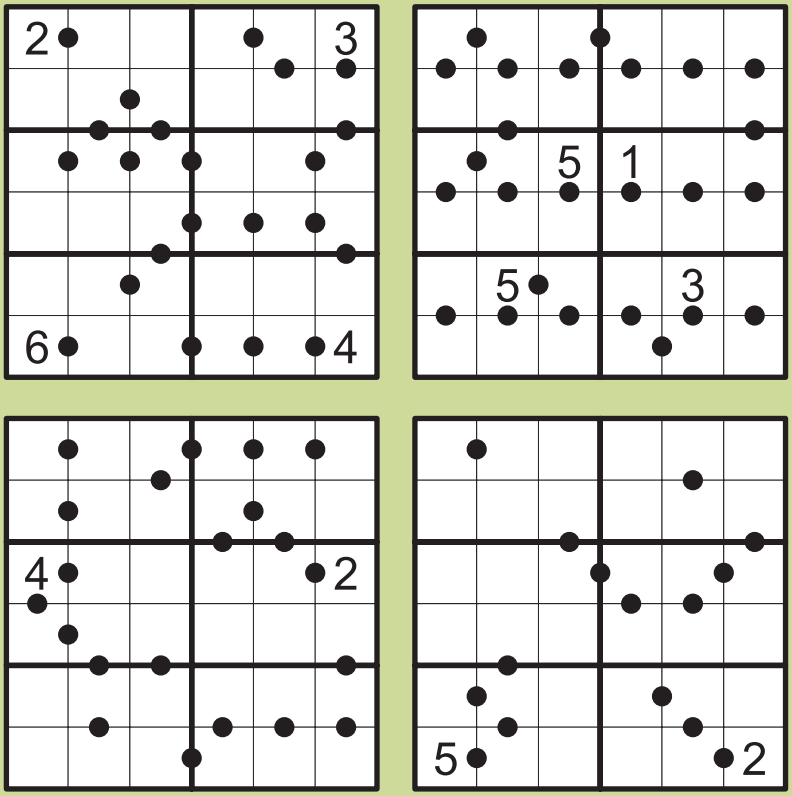
Ferhat Çalapkulu [*dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr*

Ayın Oyunu
Ardışık Sudoku

Ardışık Sudoku Oyununun Kuralları

Her satırda, sütunda ve kalın çizgilerle belirlenmiş her 2x3'lük bölgede 1'den 6'ya tüm rakamlar tam olarak bir kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun.

Tüm ardışık komşuların arasında siyah nokta vardır.

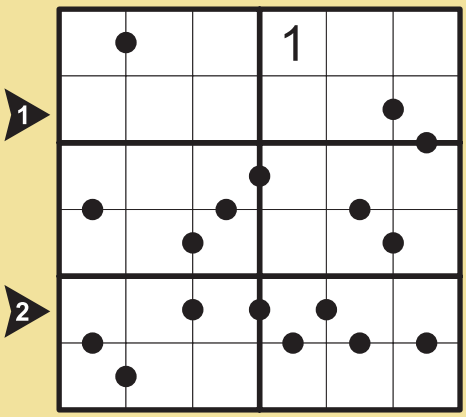


Ardışık Sudoku - Örnek Çözüm

5	1	3	2	4	6
6	4	2	1	5	3
2	3	6	5	1	4
1	5	4	3	6	2
3	6	1	4	2	5
4	2	5	6	3	1

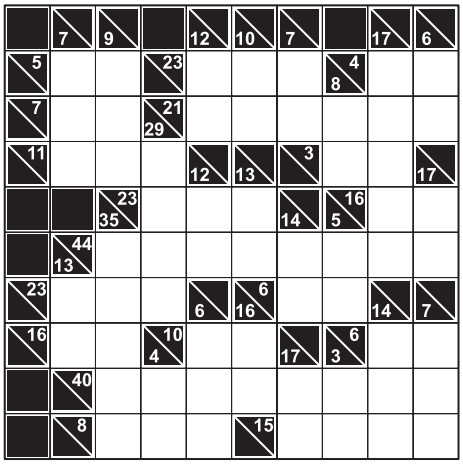
Ödüllü soru

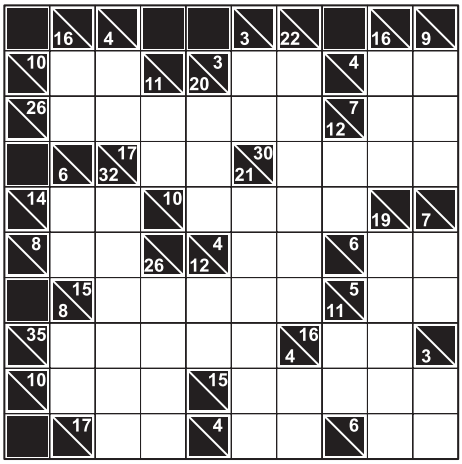
▼ Ardışık Sudoku sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Doğadaki Son Çocuk* başlıklı kitap hediye edilecektir. Çekiliş sonuçları, dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır. Geçen ayın ödüllü Çit sorusunu doğru yanıtlayanlar arasından çekilişle belirlenerek kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi, internet sitemiz üzerinden duyuruldu.



1 ve 2 no.lu okun doğrultusundaki içeriği yazın. Mesela soldaki örnek çözümün ilk satırı 513246 şeklinde yazılmalıdır.

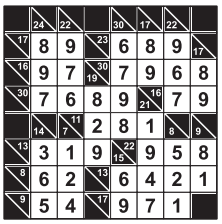
Kakuro: Boş hücrelere 1'den 9'a kadar rakamları yerleştirerek diyagramı doldurun. Çizgiyle bölünmüş karelerde çizginin altındaki sayılar alttaki rakam gruplarının toplamını, çizginin üstündeki sayılar ise sağdaki rakam gruplarının toplamını vermektedir. Bir toplamı oluşturan rakamlar birbirinden farklı olmalıdır.



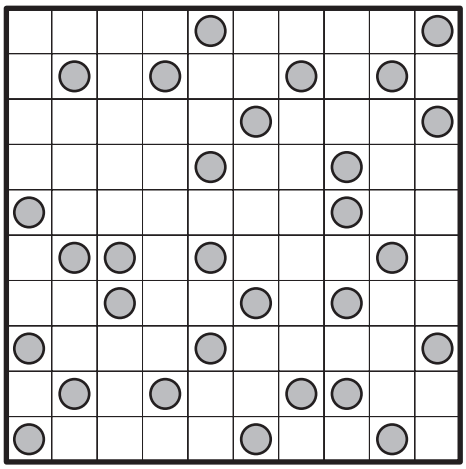


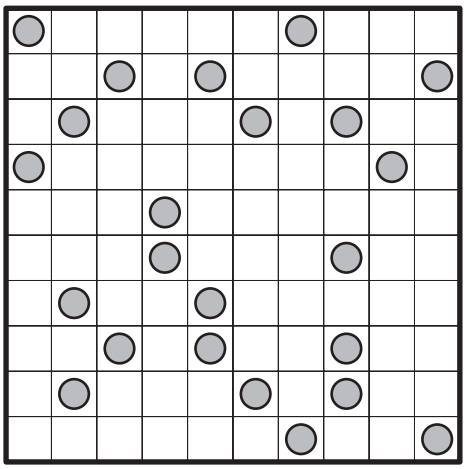
Kakuro

Örnek Çözüm



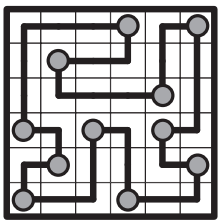
Köşe Kapmaca: Diyagramdaki hücrelerin hepsinden yatay veya dikey ilerleyerek geçen ve kendisini kesmeyen kapalı bir yol çizin. Yol, her çemberde bir köşe oluşturmalı ve iki çember arasında yalnızca bir köşe olmalıdır.



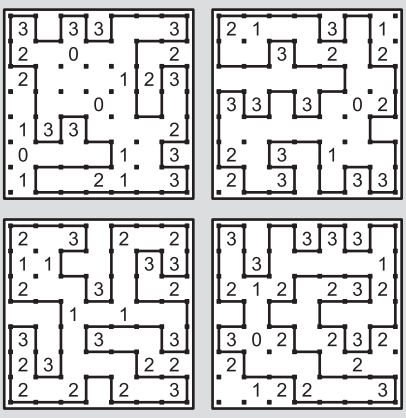


Köşe Kapmaca

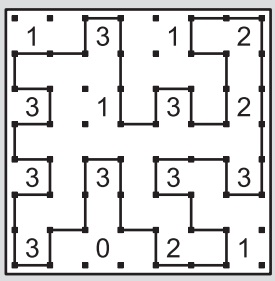
Örnek Çözüm



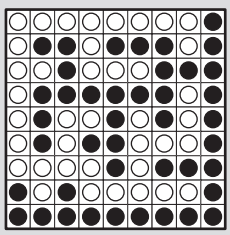
Geçen Sayının Çözümleri



Çit



Ödüllü Soru:
Çit



Ying Yang

1	+	3	-	4	=	0
-		x		/		
6	+	9	+	2	=	17
+		-		+		
5	+	7	+	8	=	20
=		=		=		
0		20		10		

5	+	6	+	3	=	14
+		/		x		
8	/	2	+	4	=	8
x		x		+		
7	+	1	+	9	=	17
=		=		=		
61		3		21		

İşlem Karesi

Satranç

Kıvanç Çefle [*btsatranc@tubitak.gov.tr*

Bir Şampiyonun Ardından: Boris Spassky

Geçtiğimiz aylarda satranç dünyası önemli bir kayıp yaşadı. 1969-1972 yılları arasında dünya satranç şampiyonu olan Rus büyük usta (GM) Boris Vasiliyeviç Spassky, 27 Şubat 2025'te, 88 yaşındayken Moskova'da hayatını kaybetti. Oyunculuğunun yanı sıra sportmen yönüyle de satrançseverlerin kalbini kazanmış bir oyuncu olan eski şampiyon, uzun zamandır sağlık sorunları yaşıyordu.

Bu ayki yazımızda 10. dünya satranç şampiyonu Boris Spassky'yi anmak istedik.

1937 yılında Leningrad'da (bugünkü St. Petersburg) dünyaya gelen Spassky daha çocuk yaşta satranç yeteneğiyle parladı. 13 yaşında aday usta (CM), beş yıl sonra henüz bir öğrenci iken katıldığı Bükreş Turnuvası'nda da uluslararası usta (IM) ünvanını kazandı. Bu başarısını, 1955 Dünya Gençler Şampiyonası'nı kazanarak taçlandırdı. 19'una geldiğindeyse dünyanın en genç büyük ustası olmuştu. Bu hızlı yükselişi ile otoriteler tarafından geleceğin dünya şampiyonu adayı olarak değerlendirilmeye başlandı. Sonraki 10 yıl boyunca başarıdan başarıya koşan Spassky, belki de tecrübesizliğinin ve gençliğinin verdiği özgüven yüzünden bölgeler arası turnuvaya katılma şansını iki kez yitirdi: 1958'de yapılan Sovyetler Birliği Şampiyonası'nda kendisine yarım puan yeterli olduğu hâlde Mikhail Tal'ın beraberlik teklifini reddetti, akabinde bu oyunu kaybetti. Üç yıl sonra yapılan Sovyetler Birliği Şampiyonası'nda da aynı hatayı tekrarlayarak bir başka oyunda beraberlik teklifine razı olmaması onun şampiyonluk kariyerini sekteye uğrattı.

funky-data / iStock

Hatalarından ders alan Spassky sonunda gerekli tüm aşamaları geçerek 1966 yılında zamanın dünya şampiyonu olan, katı ve savunmaya ağırlık veren tarzıyla "Demir Tigran" olarak bilinen Tigran Petrosyan'ın karşısına çıkmayı başardı. Ancak yine hayal kırıklığına uğradı; Petrosyan kıl payı bir farkla (4 galibiyet, 3 yenilgi) ünvanını korudu. Spassky vazgeçmedi, 1969 yılında yine Petrosian ile karşı karşıya geldi ve bu kez 12,5/10,5 skorla kazandı. O artık 10. dünya şampiyonuydu!

Keystone / Stringer / Getty Images

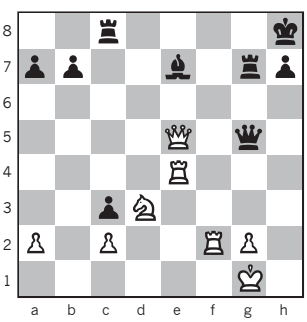
Boris Spassky (1937-2025)

1972'de Spassky, ABD'li Bobby Fischer'le ünvanını korumak üzere İzlanda'nın başkenti Rejkjavik'te karşı karşıya geldi. O dönemde satranç semalarında âdeta yıldırım hızıyla yükselen Fischer elemelerde Bent Larsen, Mark Taimanov ve Tigran Petrosian gibi son derece kuvvetli oyuncuları ezici skorlarla yenmişti. Spassky'nin ününü satranç dünyası dışına taşıyan ve adını satrançla ilgilenmeyenlerce de bilinir kılan esas önemli olay işte bu "Asrın Satranç Maçı"ydı. Maç, basının da etkisiyle o sırada Sovyetler Birliği ile ABD arasındaki "Soğuk Savaş"ın satranç tahtasına yansıması olarak görüldü. Buna Fischer'in sıra dışı kişiliği de eklenince şampiyonluk maçı dünya kamuoyunun merakla takip ettiği bir medya olayına dönüştü. Gerek bu olağanüstü koşullar gerekse Fischer'in o dönemdeki yükselişi, hassas bir kişilik yapısı olan Spassky'nin üzerinde olumsuz bir psikolojik etkiye yol açmış olmalı ki maçı 8,5/12,5 skorla kaybetti.

Sonraki yıllarda Spassky dünyanın en güçlü oyuncuları arasında yer almayı sürdürdü. Birkaç kez daha dünya şampiyonluğu adayları arasında yer aldı, birçok önemli turnuvada önemli başarılar gösterdi. 1992 yılında o zamanki Yugoslavya'da Fischer'le resmî olmayan bir rövanş maçı yaptı ancak yine kaybetti. 1978 yılında Fransız vatandaşlığına geçen Spassky 2000'li yıllardan sonra aktif satrançtan büyük ölçüde kopmuştu.

1972'deki şampiyonluk maçı öncesinde Spassky ve Fischer farklı turnuvalarda birçok kez karşılaşmıştı. Bu oyunlarda Spassky'nin 3-0 üstünlüğü vardı. Bunlardan biri 1960 yılında Mar del Plata'da oynandı. Spassky bu oyunda açılış olarak "şah gambiti"ni seçmişti. Şimdi bu oyunun final sahnesine bakalım (Diyagram 1).

Diyagram 1
Spassky-Fischer
Mar del Plata, 1960



Oyun şöyle devam etti:

26. Vd4!

Fischer, en önemli oyunlarını topladığı *"My 60 Memorable Games"* isimli kitabında bu hamle için şu değerlendirmeyi yapmıştı: "Bu kuvvetli merkezileştirme hamlesi siyahı tamamen felç ediyor."

26…Kf8?

"Beyazın gerçek tehdidini gözden kaçırdım. Ben 27. Ae5 için endişeleniyordum oysa 27…Fc5 ile buna başarıyla karşılık verilebilirdi. Burada doğru hamle 26. Ff8! idi." (Fischer).

27. Ke5!

Spassky affetmiyor. Fischer'in yorumu: "İnanılmaz bir şekilde siyah bir taş kaybetmeli. Spaskky'nin kafasında ne olup bittiğini anlamaya çalışırken hata yaptım ve oyunu kaybettim!"

27…Kd8

"Sıyrılmaya çalışarak. Vezirin sığınağı yok. 27…Vg6 28. Kxe7 kazanır. Veya 28…Vh4 29. Kxf8+. Veya 27…Ff6 28. 28. Vd6!" (Fischer).

28. Ve4 Vh4

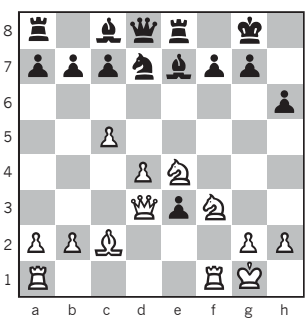
"Bir taş kaybettiğimi biliyor ama inanamıyordum. Bunun gerçekten doğru olduğunu görmek için bir-iki hamle daha oynamalıydım." (Fischer).

29. Kf4 ve siyah terk etti.

Spassky'nin oyun tarzı için "evrensel" nitelendirmesi yapılmaktadır. Geniş bir açılış repertuvarı ile hem oyun ortası hem de oyun sonunda gösterdiği ustalık, saldırı ve savunmada sergilediği üstün performans onu sıra dışı bir oyuncu yapmaktadır. Katı ve pozisyonel olmaktan çok dinamik ve taktik yönden zengin bir oyun anlayışı vardı. Daha çok 19. yüzyıla, satrancın "romantik çağına" ait olan ve yukarıdaki oyunda olduğu gibi Şah Gambiti'ni oynayan nadir oyunculardan biriydi. Bir özelliği de satranç dünyasının en sportmen oyuncularından biri olmasıydı. Öyle ki, 1972 yılında Rejkjavik'teki sampiyonluk maçının altıncı oyunundan sonra Fischer'in oyununa olan hayranlığını ayağa kalkıp onu alkışlayarak gösterdi.

Spassky en unutulmaz oyunlarından birini sıra dışı bir oyun tarzı olan David Bronstein'a karşı kazandı. Açılışta yine pek sevdiği Şah Gambiti'ni seçtiği oyunda sıra siyahlarla oynayan Bronstein'de olmak üzere aşağıdaki pozisyon ortaya çıktı (Diyagram 2).

Diyagram 2
Spassky-Bronstein
Sovyetler Birliği Şampiyonası, 1960



Oyun şöyle devam etti:

14…e2 15. Ad6!?

Sonuçları çok açık olmayan ve tartışmalı bir feda. Spassky hiç vakit kaybetmeden b1-h7 hattını açıyor ve hatta bu uğurda f1'deki kaleyi feda ediyor. Siyahı zor kararlarla karşı karşıya bırakan bir hamle. Şimdi Beyaz 16. Vh7+ Şf8 17. Vh8# ile mat tehdit ediyor.

15…Af8?

Bronstein hem mata karşı tedbir alıyor hem de d6'daki atı ve f1'deki kaleyi tehdit etmeye devam ediyor. 15…exf1=V+ 16. Kxf1 Af6 17. Axf7 Şxf7 18. Ae5 Şg8 19. Vh7+ Axh7 20. Fb3 kazanır. Burada siyah 15…Fxd6 oynamalıydı.

16. Axf7+ exf1=V+ 17. Kxf1 Ff5

17…Şxf7 güzel bir mat kombinezonuna götürür: 18. Ae5+ Şg8 19. Vh7+ Axh7 20. Fb3 Fe6 21. Fxe6+ Şh8 22. Ag6#.

18. Vxf5 Vd7 18. Vf4 Ff6 20. A3e5 Ve7 21. Fb3 Fxe5

21…Ae6 22. Vg4 kazanır.

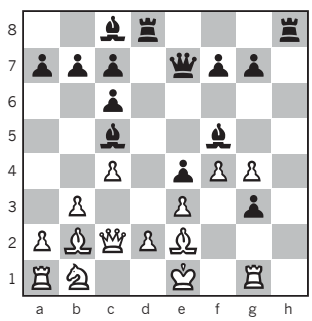
22. Ae5+ Şh7 23. Ve4!+

Ve siyah terk etti. Derin analizlere açık ve Spassky'nin oyun tarzını yansıtan ilginç bir parti.

Ayın Soruları

Ayın sorusu olarak Spassky'nin ünlü oyunlarından birinde ortaya çıkan bir pozisyon sunuyoruz. Spassky'nin "Ölmez Partisi" olarak da bilinen bu oyunda macerayı seven bir başka oyuncu olan, Danimarka'nın gururu Bent Larsen'i yalnızca 17 hamle süren minyatür bir partide yenmişti.

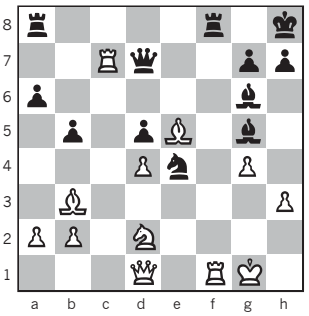
Diyagram 3
Larsen-Spassky
Sovyetler Birliği-Dünya, 1970



Bu konumda hamle sırası siyahlarla oynayan Spassky'deydi. Nasıl kazandı?

Sonraki sorumuzda da Spassky şık bir kombinezonla oyunu kazanmıştı.

Diyagram 4
Geller-Spassky
USSR Zonal, 1964

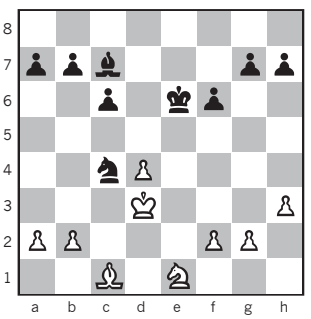


Sıra siyahta, nasıl kazandı?

Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

Geçen ay taktik bir motif olarak "ara hamle"den söz etmiş ve bununla ilgili iki soru sormuştuk. Şimdi bunların çözümlerini veriyoruz.

Diyagram 5
Emanuel Lasker
Max Euwe
Nottingham, 1936



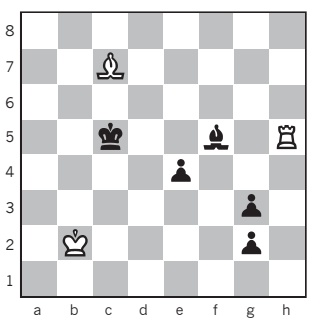
Euwe bu pozisyonda 23...Fa5?? hamlesini

Spassky ve Fischer 1972'de Rejkjavik'te "Asrın Satranç Maçında".

oynadı. Şampiyonluk yılları çok gerilerde kalsa da yaşlı kurt Lasker fırsatı kaçırmadı ve bir ara hamle ile oyunu kazanıverdi. Nasıl?

Çözüm: Burada Euwe 23...Fa5?? ile atları değişme teklifi yapmıştı. Lasker **24. b4!** ara hamlesiyle karşılık verdi: **24...Fxb4 25. Ac2** ve beyaz alet kazanır.

Diyagram 6
A. Maksimovskikh
Shakhmary v SSSR, 1970



Beyaz oynar ve kazanır.

Çözüm:

1. Kh6 Fe6 2. Fb8
2. Kxe6 g1=V 3. Fb6+ Şd5 4. Fxg1 Şxe6 beraberlik.

2...Şb6 3. Kh7 Fd7 4. Fa7+!

Ara hamle. Beyaz acele etmiyor: 4. Kxd7 g1=V 5. Fa7+ Şc6 6. Fxg1 Şxd7 beraberlik.

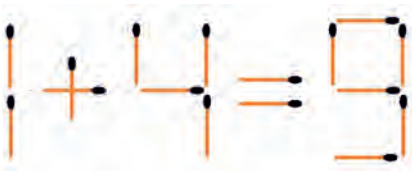
4...Şxa7 5. Kxd7+ Şb6 Kd1 ve kazanır. ■

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı [*zeka.oyunlari@tubitak.gov.tr*

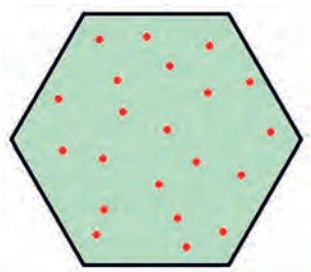
KİBRİT İŞLEM

Sadece bir adet kibritin yerini değiştirerek eşitliği doğru hâle getiriniz.



ALTIGEN BUL

Noktalardan 6'sını birleştirerek düzgün bir altıgen elde ediniz.



SORU İŞARETİ

Soru işaretinin yerine ne gelecek?

ELLİ İKİ	201021
KIRK İKİ	121121
OTUZ İKİ	222121
YİRMİ İKİ	?

SATRANÇÇILAR

Bir satranç turnuvasına katılan satranççı sayısı x'tir.

- İki satranççı en fazla 1 kez karşı karşıya oynayabilir.
- Her satranççı tam olarak 8 oyun oynayacaktır.
- Her satranççının bu 8 oyundaki rakiplerinin diğer tüm oyunlarındaki rakipleri listelendiğinde turnuvadaki tüm satranççılar bu listede yer almış olacaktır.

Bu koşullara göre x sayısı;
a) En az kaç olabilir?
b) En fazla kaç olabilir?

SU ŞİŞELERİ VE BARDAKLAR

3 kişiye 9 şişe su ve 4 bardak dağıtılacaktır.

- Şişeler arasında fark yoktur.
- Bardaklar arasında fark yoktur.
- Her kişideki şişe sayısı bardak sayısından fazla olmalıdır.
- Bazı kişilerdeki bardak sayısı 0 olabilir.

Bu koşullara göre kaç farklı dağıtım yapılabilir?

Eğer soru 2 kişiye 5 şişe su ve 2 bardak dağıtılmak üzere sorulsaydı cevap 6 olacaktı.

	1.Kişi	2.Kişi
1	$$$$,BB	$
2	$$$,B	$$,B
3	$$	$$$,BB
4	$	$$$$,BB
5	$$,B	$$$,B
6	$$$,BB	$$

SPOR KULÜBÜ

Spor kulübündeki öğrencilerin bir kısmı sadece futbol, diğerleri ise sadece basketbol oynamaktadır. En az bir futbolcu ve en az bir basketbolcunun bulunduğu üç kişilik bir ekip oluşturmak istendiğinde 49 farklı ekip oluşturulduğuna göre bu kulüpte kaç öğrenci bulunmaktadır?

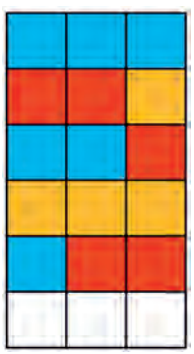
SAYI DENEYİ

Bilgisayara rastgele sayılar ürettirerek bir deney yapacaksınız. Üretilen sayı çift ise duracak, tek ise deneye devam edeceksiniz.

Bu deneyi çok kez tekrarlasanız üretilen sayılar için aşağıdakilerden hangisini beklersiniz?

a) Çift sayılar daha fazladır.
b) Tek sayılar daha fazladır.
c) Eşittir.

KARE BOYAMA



Boş kareleri uygun renklerle boyayınız.

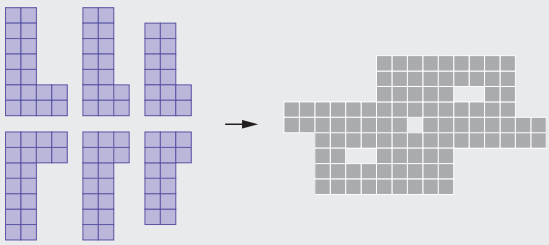
ÇİFT RAKAMLAR

20, 22, 24, 26, ..., 86, 88, 2000, 2002, ...

Çift sayıda basamaktan oluşan ve basamaklarındaki tüm rakamların çift sayı olduğu bu dizinin 1000. terimini bulunuz.

ALTI "L"

Altı "L" parçasını bir araya getirerek sağdaki şekli elde ediniz. Parçalar döndürülebilir ve ters çevrilebilir.



GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ

EMOJİLİ SÖZCÜK

PEHLİVAN

(P)İYANO, T(E)LEFON, ANA(H)TAR, SANDA(L)YE, KED(İ), BA(V)UL, F(A)RE, YILA(N)

TEK RAKAMLAR

33.979

BEŞ YARIŞMACI

84 puan almıştır.

m=M+1, ç=Ç+1, g=G+1, y=Y+1

m+ç+g+y+e=M+Ç+G+Y+E

M+1+Ç+1+G+1+Y+1+e= M+Ç+G+Y+E

E=4+e

E=84

HARF SAYILARI

YİRMİ İKİ

Bu cümledeki sesli harflerin sayısının iki katı sessiz harflerin sayısından 22 adet fazladır.

DOĞRU - YANLIŞ

8 kişi.

ÇUBUKLU EV

Çubukların yeri değiştirildiğinde aynı ev figürü elde edildiğine göre çatıyı oluşturan iki çubuk arasındaki açı 90 derecedir.

$z = x + y\sqrt{x^2 + x^2}$

$x + y = \sqrt{2} \cdot x$

$y = x\,(\sqrt{2} - 1)$

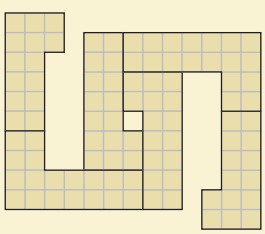
ÇİÇEKLER

Çiçek sayıları 1, 2, 3 dizisini takip ediyor.

PİYONLAR

28 piyon.

ALTI "L"



Yayın Dünyası

Dr. Özlem Kılıç Ekici [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Doğadaki Son Çocuk

Richard Louv
Çeviri: Ceyhan Temürcü

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Yetişkin Kitaplığı, 2024 (10. Basım)

Çocuklarının doğayla anlamlı bir bağ kurmadan büyüyen bir kuşağa ait olmasını istemeyen anne babaların başucu kitabı olan Doğadaki Son Çocuk, tüm dünyada hızla yayılan doğaya dönüş hareketinin yaygınlaşmasında önemli roller üstleniyor. Çocuklarda ve gençlerde obezite, dikkat bozukluğu, depresyon gibi vakalarda büyük artış yaşanması ile çocukların yaşamında doğanın giderek daha az yer alması arasında bir ilişki olduğu örneklerle anlatılırken aynı zamanda bu durumu tersine çevirebilecek bir yol haritası sunuluyor. Doğada zaman geçirmenin çocukların sağlığını geliştirebileceğini, özgün ve yenilikçi düşünme yetilerini keskinleştirebileceğini ve çevreye karşı duyarlı olmalarına yardım edebileceğini vurguluyor.

Adım Adım Matematik - Eşsiz Bir Görsel Şölen

Carol Vonderman
Çeviri: Prof. Dr. Murat Şahin

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
14 yaş +, 2024 (1. Basım)

Matematik, kimi zaman çocuklar için kafa karıştırıcı, ebeveynler içinse karmaşık olabilir. Ancak endişelenmeyin, Adım Adım Matematik sayesinde bu karmaşık görünen dünya hem çocuklarınız hem de sizin için daha anlaşılır hâle gelecek. Temelden ileri seviyeye kadar rehber niteliğindeki bu kitap, problem çözme becerilerini güçlendirmeye katkı sağlar. Kitapta yer alan kapsamlı sözlük ve dönüşüm tabloları sayesinde matematiksel terim ve sembolleri pratik bir şekilde öğrenebilirsiniz. Her hayal kırıklığını başarıya, her karışıklığı netliğe dönüştürmek için hazırlanan bu rehber, matematikte yepyeni yollar keşfetmenin en güzel yolu.

Farklı Düşün Farklı Yaz

Yasemin Şahin
Çizer: Melike Tan Tayyar

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
10 yaş +, 2025 (1. Basım)

Yazmak, nerede başlayıp nerede biteceği bilinmeyen heyecanlı bir yolculuk gibidir. Hayallerin, rüyaların, duyguların, düşüncelerin ve gözlemlerin sözcüklere dönüştüğü yazma eyleminde yazar, kimi zaman olaya şahitlik eden bir anlatıcı kimi zaman da öykünün başkahramanıdır. Kendi hikâyende yazar olmak isteyen bir kahramansın ve bunun için bir adım atmak istiyorsun. İşte sana bir fırsat! Bu kitapta yapacağın çalışmalar yazma yolculuğunda ilerlemene ve deneyim kazanmana yardımcı olacak. Kitapla ayrıca akıcı ve özgün düşünme becerilerini geliştirebilir, kendini ve hayal gücünü keşfedebilirsin.

İnci Kefali

Şermin Korkusuz Aslan
Çizer: Selen Cebeci

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
7 yaş +, 2025 (1. Basım)

Gölün ışıltılı sularında büyük bir heyecan yaşanıyor. İnci kefali uzun zamandır beklediği yolculuğa hazırlanıyor. Bu kitapta, dünyada yalnızca Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin, akıntıya karşı yüzerken türlü zorluklarla mücadele ettiği, hayranlık uyandıran göç yolculuğunun hikâyesi anlatılıyor.